"Diese Gebrauchsanweiseung kann Bezug nehmen auf die Namen HP oder Hewlett-Packard. Bitte beachten Sie, dass ehemalige Betriebsbereiche von Hewlett-Packard wie HP-Halbleiterprodukte, HP-chemische Analysen oder HP-Test- und Messwesen nun zu der Firma Agilent Technology gehören. Um Verwirrung zu vermeiden wurde lediglich bei Produktname und - Nummer der vorlaufende Firmenname geändert: Produkte mit dem Namen/Nummer HP XXXX lauten nun mehr Agilent XXXX. Z.B, das Modell HP 8648 heißt nun Agilent 8648."

Benutzerhandbuch

HF-Netzwerkanalysatoren
HP 8712ES und HP 8714ES

HP-Teilenummer 08714-90027

Printed in USA
November 1998

© Copyright 1998 Hewlett-Packard Company

Hinweis

Die in diesem Handbuch enthaltenen Informationen können ohne vorherige Ankündigung geändert werden. Hewlett-Packard übernimmt keinerlei Gewährleistung, auch nicht hinsichtlich der gesetzlichen Gewährleistungspflicht, der Marktfähigkeit oder der Eignung für irgend einen bestimmten Zweck. Hewlett-Packard übernimmt keine Haftung für Fehler, die in diesem Handbuch enthalten sind, oder für zufällige oder Folgeschäden im Zusammenhang mit der Lieferung, Leistungsfähigkeit oder Verwendung dieses Gerätes.

Konventionen bezüglich der Tasten

Für dieses Handbuch gelten folgende Konventionen:

TASTE

Dieses Symbol repräsentiert eine Frontplattentaste mit fester Funktion (“Hardkey”).

Softkey

Dieses Symbol repräsentiert einen “Softkey”. Die Softkeys sind die unbeschrifteten Tasten am rechten Bildschirmrand, deren Funktionen vom jeweiligen Betriebszustand des Gerätes abhängig sind und auf dem Bildschirm angezeigt werden.

`Bildschirmtext`

Bei Informationen, die in dieser Schriftart dargestellt werden, handelt es sich um Text, der auf dem Bildschirm des Gerätes angezeigt wird.

Informationen über Gewährleistung und technische Unterstützung

Informationen über Gewährleistung und technische Unterstützung finden Sie in Kapitel 5.

Firmware-Version

Dieses Handbuch gilt für Analysatoren ab der Firmware-Version C.05.00.

Warenzeichenhinweise

Lotus® und 1-2-3® sind in den USA eingetragene Warenzeichen der Firma Lotus Development Corporation.

Windows, ist ein eingetragenes Warenzeichen der Firma Microsoft Corp.

Teile der Software enthalten Quellencode von der Info–ZIP Group. Hierbei handelt es sich um Freeware, die aus dem Internet (Anonymous FTP, asftp.uu.net:/pub/archiving/zip/unzip51/.tar.Z) oder von CompuServe (asunz51.zip im IBMPRO-Forum, Library 10, Data compression) heruntergeladen werden kann.

Kurzbeschreibung des Analysators

Die Modelle HP 8712ES und HP 8714ES sind einfach zu benutzende HF-Netzwerkanalysatoren, die für die S-Parameter-Messungen im Rahmen von Produktionstests an HF-Bauteilen optimiert wurden. Diese kompakten Analysatoren enthalten jeweils einen HF-Synthesizer-Signalgenerator, ein S-Parameter-Testset, Multimode-Empfänger (breitbandige oder breitbandige Detektion) und einen Bildschirm.

Die Signalquelle bietet eine Auflösung von 1 Hz, eine Wobbelzeit von 40 ms (oder schneller) und einen Ausgangspegel bis zu +13 dBm.

Das S-Parameter-Testset ermöglicht es, die Reflexions- und Transmissionscharakteristiken von Zwei-Tor-Bauteilen in beiden Übertragungsrichtungen zu messen, ohne den Prüfling umpolen zu müssen. Je nach Meßrichtung wird der Port 1 automatisch als Signalquellenausgang und der Port 2 als Empfängereingang konfiguriert, oder umgekehrt. Das S-Parameter-Testset unterstützt außerdem eine vollständige Zwei-Tor-Kalibrierung mit zwölf Fehlertermen, die Messungen mit höchster Genauigkeit ermöglicht.

Die Dreikanal-Dual-Mode-Empfänger bieten in der schmalbandigen Betriebsart einen Dynamikbereich von mehr als 100 dB. Für Messungen an frequenzumsetzenden Baugruppen (beispielsweise Mischern) sind breitbandige interne Detektoren und Eingänge für externe Detektoren vorhanden. Die Empfänger sind mikroprozessorgesteuert und arbeiten mit digitaler Signalverarbeitung. Dadurch werden hohe Meßgeschwindigkeiten und ein hoher Testdurchsatz erzielt.

Die Geräte besitzen zwei voneinander unabhängige Meßkanäle und einen großen Bildschirm, auf dem die Meßergebnisse beider Kanäle gleichzeitig in diversen Formaten dargestellt werden können. Darüber hinaus besitzen diese Analysatoren einen Anschluß für einen externen VGA-Farbbildschirm.

Die Meßfunktionen und Meßparameter werden über Festfunktionstasten und Softkey-Menüs gewählt. Unter Verwendung eines kompatiblen Druckers oder Plotters können die Meßergebnisse direkt (ohne Zuhilfenahme eines Computers) ausgedruckt oder geplottet werden. Geräteeinstellungen können auf eine Diskette oder intern (flüchtig oder nichtflüchtig) abgespeichert werden. Interne Diagnoseroutinen vereinfachen im Falle eines Problems die Fehlersuche.

Diverse Kalibrierfunktionen und die Meßdatenmittelungsfunktion ermöglichen es, die Meßgenauigkeit zu optimieren. Die Kalibrierung kann wahlweise unter Verwendung der werksmäßigen internen Kalibrierdaten erfolgen oder unter Verwendung von Kalibrierdaten, die am Einsatzort mit Hilfe externer Kalibriernormale ermittelt werden. Die Kalibrierung reduziert die durch Übersprechen, unzulängliche Richtwirkung, Frequenzgang sowie Quellen- und Lastanpassungsfehler verursachte Meßunsicherheit.

Inhaltsverzeichnis

1. Inbetriebnahme

Einführung 1-2

Übersicht über die Frontplatte 1-3

Eingeben von Meßparametern 1-4
- Analysator in die Grundeinstellung bringen 1-5
- Frequenzbereich eingeben 1-5
- Meßsignalpegel eingeben 1-6
- Meßkurve skalieren 1-6
- Meßkanal und Meßfunktion wählen 1-7
- Darzustellenden Kanal oder darzustellende Kanäle wählen 1-8

Funktionsprüfung 1-10
- Benötigtes Meßzubehör 1-10
- Durchführung von S21- und S12-Transmissionsmessungen 1-11
- Breitbandige Pegelmessung 1-13
- Durchführung von S11- und S22-Reflexionsmessungen 1-14
- Falls der Analysator die Funktionsprüfung nicht besteht 1-17

2. Durchführung von Messungen

Einführung 2-2

Bauteilmessungen mit einem Netzwerkanalysator 2-3
- Meßfunktion-Symbol 2-8
- S-Parameter-Messungen 2-10
- Abschwächung oder Verstärkung innerhalb der Meßanordnung . . 2-12
- Wann sollte die Systemimpedanz verändert werden? 2-13
- Typische Meßprozedur 2-13

Konfigurieren des Analysators mit Hilfe der Taste BEGIN 2-15
- Überblick über die Taste BEGIN 2-16
- Konfigurieren des Analysators mit Hilfe der Taste BEGIN 2-17
- Die Funktion User BEGIN 2-19

Inhaltsverzeichnis

S-Parameter-Messung mit Zwei-Tor-Kalibrierung. 2-20
Eingabe der Meßparameter 2-20
Durchführung einer benutzerdefinierten Zwei-Tor-Kalibrierung . . 2-21
Darstellung und Interpretation der S-Parameter-Meßergebnisse. . 2-35

S21 Vorwärts-Transmissionsmessung mit erweiterter Frequenzgangkalibrierung 2-36
Eingabe der Meßparameter 2-36
Durchführung einer erweiterten Frequenzgangkalibrierung 2-37
Anschluß des Prüflings. 2-40
Darstellung und Interpretation der S21-Meßergebnisse 2-41

S11 Reflexionsmessung an Port 1 mit Ein-Tor-Kalibrierung 2-43
Eingabe der Meßparameter 2-43
Durchführung einer benutzerdefinierten Ein-Tor-Kalibrierung . . . 2-44
Anschluß des Prüflings. 2-46
Darstellung und Interpretation der S11-Meßergebnisse 2-48

Breitbandige Pegelmessung 2-50
Eingabe der Meßparameter 2-50
Durchführung einer Normierungskalibrierung 2-51
Anschluß des Prüflings. 2-52
Darstellung und Interpretation der Ergebnisse der Pegelmessung 2-53

Mischdämpfungsmessung 2-55
Eingabe der Meßparameter 2-56
Durchführung einer Normierungskalibrierung 2-56
Anschluß des Prüflings. 2-58
Darstellung und Interpretation der Mischdämpfungs-Meßergebnisse. 2-59

Messungen über den Hilfseingang 2-61
Charakteristiken des Eingangs AUX INPUT 2-62

Gruppenlaufzeit 2-63
Eingabe der Meßparameter 2-64

Inhaltsverzeichnis

Durchführung einer benutzerdefinierten Zwei-Tor-Kalibrierung . . 2-65
Anschluß des Prüflings 2-65
Darstellung und Interpretation der Gruppenlaufzeit-Meßergebnisse 2-65

Impedanzmessung mit Darstellung als Smith-Diagramm 2-67
Eingabe der Meßparameter 2-67
Durchführung einer benutzerdefinierten Zwei-Tor-Kalibrierung . . 2-68
Anschluß des Prüflings 2-68
Darstellung und Interpretation der Impedanz-Meßergebnisse 2-69

Impedanz (Darstellung des Betrags) 2-73
Funktionsweise der Reflexionsmessung 2-73
Funktionsweise der Transmissionsmessung 2-74

3. Benutzung der Gerätefunktionen

Einführung 3-2

Markenfunktionen 3-3
Marken aktivieren 3-5
Marken abschalten 3-6
Markensuchfunktionen 3-7
Mathematische Markenfunktionen 3-18
Delta- (Δ) Marken 3-24
Weitere Markenfunktionen 3-26
Polar-Format-Marken 3-27
Smith-Diagramm-Marken 3-27

Grenzwerttest 3-28
Erstellen einer horizontalen Grenzwertlinie 3-29
Erstellen einer geneigten Grenzwertlinie 3-30
Erstellen eines Ein-Punkt-Grenzwertes 3-32
“Marker-Limit”-Funktionen 3-32
Weitere Grenzwertlinienfunktionen 3-36

Inhaltsverzeichnis

Weitere Grenzwertlinienfunktionen 3-37
Weitere Hinweise zu Grenzwerttests. 3-39

Automatische Referenzpunkt-Nachführung. 3-42
Nachführung des Meßkurvenmaximums 3-43
Nachführung einer Frequenz 3-44

Anpassen der Bildschirmdarstellung 3-45
“Split Display”-Funktion 3-46
Ein-/Ausschalten von Anzeigeelementen. 3-47
Modifizieren von Anzeigefeldern 3-48
Maximieren des Meßdiagramms 3-52

Abspeichern von Meßergebnissen und Abrufen gespeicherter Meßergebnisse 3-55
Abspeichern der Geräteeinstellung 3-57
Abrufen gespeicherter Daten von einer Diskette oder aus dem Internspeicher 3-60
Weitere Dateifunktionen 3-63
Verzeichnisfunktionen 3-66
Formatieren einer Diskette 3-68

Anschließen und Konfigurieren eines Druckers oder Plotters 3-69
Auswahl eines kompatiblen Druckers oder Plotters. 3-69
Auswählen eines geeigneten Schnittstellenkabels 3-70
Anschließen des Druckers oder Plotters 3-71
Konfigurieren der Hardcopy-Schnittstelle 3-72
Drucker/Plotter-Einstellungen definieren. 3-74

Ausdrucken oder Plotten von Meßergebnissen 3-79
Auswählen des Ausgabe-Ports 3-79
Ausgabe definieren 3-80

Verwendung einer externen Tastatur 3-84
Anschließen der Tastatur 3-84
Verwendung der Tastatur zum Editieren 3-84

Inhaltsverzeichnis

Steuerung des Analysators über die externe Tastatur. 3-85

Verwendung eines externen VGA-Bildschirms 3-88
Verändern der Farbzuordnung für externen Monitor 3-88
Synchronisieren des Bildschirms und Einstellen der Bildlage 3-90

4. Optimieren von Messungen

Einführung. 4-2

Erhöhen der Wobbelgeschwindigkeit 4-3
Optimales Kalibrierverfahren wählen 4-3
Erhöhen der Start-Frequenz 4-4
Wahl der Betriebsart “Sweep Time AUTO” 4-4
Vergrößern der Systembandbreite. 4-4
Verringerung des “Average Factor” 4-5
Reduktion der Anzahl der Meßpunkte 4-5
Abschalten eines Kanals 4-6
Abschalten der “Alternate Sweep”-Funktion 4-7
Abschalten der Marken und der “Marker Tracking”-Funktionen . . . 4-7
Abschalten der “Spur Avoid”-Funktion. 4-8
Vermeiden von Bandumschaltungen durch Reduzieren der Wobbelbandbreite (nur HP 8714ES) 4-8

Vergrößern des Dynamikbereichs. 4-9
Vergrößern des Empfänger-Eingangspegels. 4-9
Reduzieren des Eigenrauschens 4-10

Verringern des Rauschens. 4-12
Rauschreduktion durch Meßdatenmittelung 4-12
Rauschreduktion durch Verringern der Systembandbreite. 4-12
Unterdrückung interner Nebenwellen 4-13

Verringern der Anpassungsfehler. 4-15
Reduktion der Anpassungsfehler bei Reflexionsmessungen 4-15
Reduktion der Anpassungsfehler bei Transmissionsmessungen. . . 4-16

Inhaltsverzeichnis

Verringern der Anpassungsfehler bei kombinierten Reflexions- und Transmissionsmessungen 4-17

Kompensieren von Phasenverschiebungen innerhalb der Meßanordnung 4-18
Referenzebenenverschiebung 4-18
Elektrische Verzögerung 4-20

Messungen an Bauteilen mit großer elektrische Länge 4-21

5. Verbessern der Meßgenauigkeit durch Kalibrierung

Einführung 5-2

Grundlagen der Kalibrierung 5-3
Referenzebene für die Kalibrierung 5-7

Standardmäßige und benutzerdefinierte Kalibrierung 5-8
Wann eine Standard-Kalibrierung ausreicht 5-8
Wann eine benutzerdefinierte Kalibrierung erforderlich ist 5-8

Verfügbare Kalibrierverfahren 5-9
Laden der Kalibrierdaten aus einer früheren Kalibrierung 5-12
Auswirkung der Preset-Operation auf die Kalibrierung 5-13
Durchführung einer Normierungskalibrierung 5-14
Durchführung einer Transmissionskalibrierung 5-15
Durchführung einer Reflexionskalibrierung 5-19
Durchführung einer Mischdämpfungskalibrierung 5-23

Kalibrier-Kits 5-25
Auswählen eines Kalibrier-Kits 5-25
Erstellen eines benutzerdefinierten Kalibrier-Kits 5-26

Abspeichern und Wiederabrufen der Kalibrierung 5-34
Abspeichern der Kalibrierung 5-34
Wiederabruf der Kalibrierung 5-34

Gewährleistung 5-36

Inhaltsverzeichnis

Garantiebeschränkungen. 5-37
Haftungsausschluß. 5-37
Geschäftsstellen und Service-Zentren von Hewlett-Packard 5-38

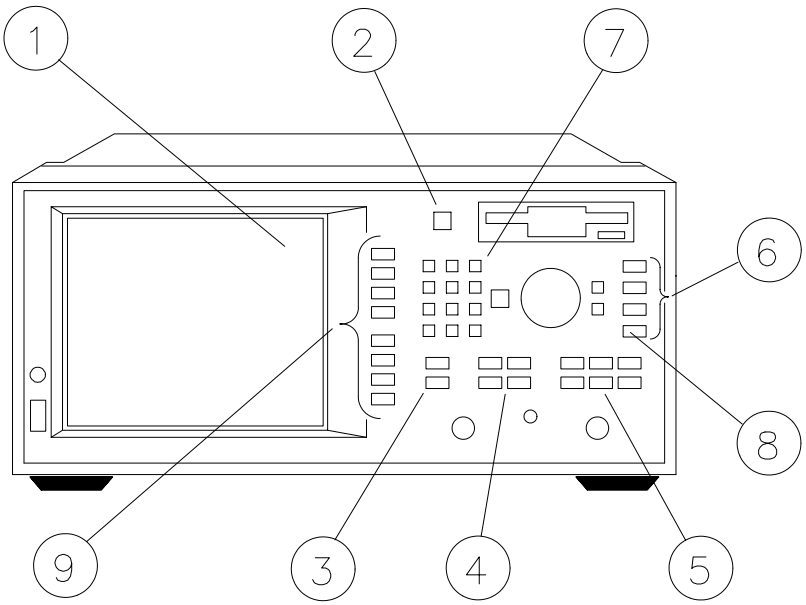
Inhaltsverzeichnis

1 Inbetriebnahme

Einführung

Die Netzwerkanalysatoren HP 8712ES und HP 8714ES sind einfach zu benutzende, voll-integrierte Systeme zum Testen von HF-Bauteilen. Jedes dieser Modelle enthält eine Synthesizer-Signalquelle, einen Empfänger mit großem Dynamikbereich und ein integriertes Testset. Die Bedienungselemente sind nach Funktionsblöcken gruppiert, und die aktuellen Einstellungen werden auf dem Bildschirm angezeigt. Dieser Abschnitt beschreibt den Aufbau der Frontplatte sowie die Eingabe von Meßparametern.

Abbildung 1-1 Frontplatte des Netzwerkanalysators



po648b

Übersicht über die Frontplatte

1 Bildschirm	Der Analysator besitzt einen großen Bildschirm zur Darstellung von Meßkurven, Marken, Grenzwertlinien, IBASIC- (Instrument BASIC) Programmcode, Softkey-Menüs und Meßparametern.
2 BEGIN	Die Taste BEGIN vereinfacht das Einstellen des Gerätes für die jeweilige Meßaufgabe. Mit der Taste BEGIN können Sie die wichtigsten Meßparameter schnell und einfach für Messungen an bestimmten Bauteiltypen (beispielsweise Filter, Verstärker oder Mischer) initialisieren. Wenn Sie beispielsweise für eine Vorwärts-Transmissionsmessung (S_{21}) oder eine Rückwärts-Transmissionsmessung (S_{12}) den Bauteiltyp `Filter` wählen, wird der Analysator in die Betriebsart Schmalband-Detektor geschaltet, die sich durch einen besonders großen Dynamikbereich auszeichnet. Wenn Sie dagegen den Bauteiltyp `Mixer` wählen, wird der Analysator in die Betriebsart Breitband-Detektor geschaltet, die Messungen an frequenzumsetzenden Baugruppen ermöglicht. Auf diese Weise können Sie auch als unerfahrener Benutzer den Analysator mit nur vier Tastendrücken für Ihre Messung konfigurieren.
3 MEAS	Diese Taste dient zur Wahl der Meßfunktion für den jeweiligen Meßkanal. Der Analysator bietet u. a. die Meßfunktionen S_{11} (Reflexionsmessung an Port 1), S_{21} (Vorwärts-Transmissionsmessung), S_{12} (Rückwärts-Transmissionsmessung), S_{22} (Reflexionsmessung an Port 2), Pegel, Mischdämpfung und Multiport (in Verbindung mit mit einem Multiport-Testset wie z. B. HP 87075C).
4 SOURCE	Diese Tasten dienen zur Wahl von Signalquellen-Parametern wie z. B. Wobbelbandbreite oder Ausgangspegel. Außerdem können Sie mit diesen Tasten die Wobbelzeit, die Anzahl der Meßpunkte und die Wobbel-Triggerbedingung wählen.
5 CONFIGURE	Diese Tasten dienen zum Konfigurieren der Empfänger- und Bildschirm-Parameter. Hierzu zählen beispielsweise die Empfängerbandbreite, die Anzahl der zur Meßkurvenmittelung herangezogenen Meßpunkte, die Skalierung und das Darstellungsformat, die Markenfunktionen und die Kalibrierfunktionen.
6 SYSTEM	Diese Tasten dienen zur Steuerung übergeordneter Systemfunktionen. Hierzu zählen beispielsweise die Preset-, Save/Recall- und Druckfunktionen. Auch die HP-IB Parameter und der IBASIC-Controller werden über diese Systemtasten gesteuert.
7 Zifferntastatur	Über die Zifferntastatur können Sie einen bestimmten Wert für einen zuvor gewählten Parameter direkt eingeben. Alle Eingaben sind mit der Taste ENTER oder einem der Maßeinheit-Softkeys abzuschließen. Alternativ können Sie den aktuellen Wert mit Hilfe des Drehknopfs kontinuierlich verändern oder mit Hilfe der Tasten ⇧ ⇩ schrittweise verändern.
8 HARDKEYS	Hardkeys sind (im Gegensatz zu Softkeys) Tasten mit fest vorgegebenen Funktionen. Sie werden im folgenden kurz als “Tasten” bezeichnet und im Text durch ein Kästchen symbolisiert. Beispiel: PRESET.
9 **Softkeys**	Softkeys sind Tasten, deren Funktionen vom jeweiligen Betriebszustand des Analysators abhängig sind und von der Firmware vorgegeben werden. Die Softkeys befinden sich unmittelbar rechts vom Bildschirm und sind unbeschriftet. Die jeweiligen Funktionen werden auf dem Bildschirm angezeigt. Softkey-Bezeichnungen werden im Text grau unterlegt dargestellt. Beispiel: **Sweep Time**.

Eingeben von Meßparametern

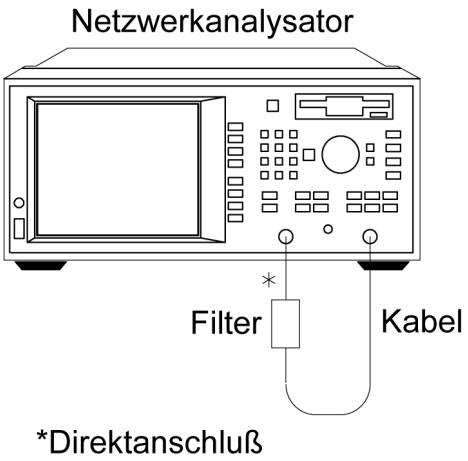
Dieser Abschnitt beschreibt, wie Sie Meßparameter in den Netzwerkanalysator eingeben.

HINWEIS Sie können die gewünschten Meßparameter wahlweise über die Zifferntastatur, mit Hilfe der Pfeiltasten [↑] [↓] oder mit Hilfe des Drehknopfs eingeben.

HINWEIS Wenn Sie in diesem Handbuch aufgefordert werden, nacheinander mehrere Ziffern einzugeben, so sind diese – der Übersichtlichkeit halber – als eine einzige Taste dargestellt. Wenn Sie beispielsweise zur Eingabe der Zahl –**42.5** aufgefordert werden, wird dies folgendermaßen dargestellt: [–42.5]. Drücken Sie zur Eingabe dieses Wertes nacheinander folgende Tasten:[–] [4] [2] [.] [5].

Die folgenden Beispiele setzen voraus, daß das Filter und das Kabel, die mit dem Analysator geliefert wurden, gemäß Abbildung 1-2 am Analysator angeschlossen sind.

Abbildung 1-2 Anschluß des Filters an den Analysator



Analysator in die Grundeinstellung bringen

Drücken Sie die Taste PRESET. Bei Betätigung der Taste PRESET wird der Analysator in eine definierte Grundeinstellung gebracht, die im folgenden als Preset-Einstellung bezeichnet wird. Die Preset-Einstellung ist folgendermaßen definiert:

Frequenzbereich (HP 8712 ES)	0,3 bis 1300 MHz
Frequenzbereich (HP 8714 ES)	0,3 bis 3000 MHz
Meßsignalpegel[1]	0 dBm
Meßfunktion für Kanal 1	S_{21} Vorwärts-Transmissionsmessung
Meßfunktion für Kanal 2	"Off"
Format	"Log Magnitude"
Anzahl der Meßpunkte	201
Wobbelzeit	"Auto"
Skalierung	10 dB/div
Referenzpegel	0 dB
Systembandbreite	"Medium Wide"

1. Bei Bedarf können Sie für die Ausgangsleistung einen von 0 dBm abweichenden Preset-Wert vorgeben. Siehe "Meßsignalpegel eingeben" weiter unten in diesem Kapitel.

HINWEIS Die von Ihnen eingegebenen Meßparameter werden nichtflüchtig gespeichert. Nach dem Aus- und Wiedereinschalten wird der Analysator automatisch wieder in die Einstellung gebracht, in der er sich zuletzt befand.

Frequenzbereich eingeben

1. Rufen Sie mit der Taste FREQ das Menü mit den Frequenz-Softkeys auf.
2. Drücken Sie zum Abändern der Start-Frequenz auf 10 MHz **Start** 10 **MHz**.

3. Drücken Sie zum Abändern der Stop-Frequenz auf 900 MHz **Start** (900) **MHz** .
4. Alternativ können Sie auch den Wobbelbereich mit Hilfe der Softkeys **Center** and **Span** ändern. Wenn Sie beispielsweise die Mittenfrequenz auf 160 MHz und die Wobbelbandbreite auf 300 MHz einstellen, entspricht dies einem Frequenzbereich von 10 bis 310 MHz.

HINWEIS

Schließen Sie Frequenzeingaben stets mit dem passenden Maßeinheit-Softkey ab. Wenn Sie die Eingabe durch (ENTER) abschließen, geben Sie dadurch implizit die Standard-Maßeinheit Hz ein.

Die dargestellte Frequenzauflösung ist standardmäßig kHz. Sie können die Auflösung ändern, indem Sie (FREQ) **Disp Freq Resolution** drücken und dann die gewünschte Auflösung eingeben.

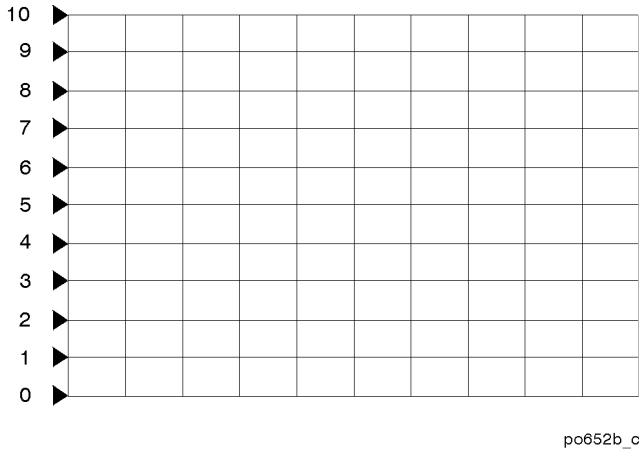
Meßsignalpegel eingeben

1. Rufen Sie mit der Taste (POWER) das Menü mit den Signalpegel-Softkeys auf.
2. Wenn Sie den Signalpegel auf 3 dBm abändern möchten, drücken Sie **Level** (3) und **dBm** oder (ENTER).
3. Wenn Sie den Signalpegel auf –1.6 dBm abändern möchten, drücken Sie **Level** (–1.6) **dBm** oder (ENTER).
4. Wenn Sie den Signalpegel auf den Preset-Wert abändern möchten, drücken Sie **Pwr Level at Preset** (2.5) und **dBm** oder (ENTER). Diese Eingabe hat keine Auswirkung auf den aktuellen Meßsignalpegel.

Meßkurve skalieren

1. Rufen Sie mit der Taste (SCALE) das Menü mit den Skalierungs-Softkeys auf.
2. Damit die gesamte Meßkurve auf dem Bildschirm dargestellt wird, drücken Sie zunächst **Autoscale** .
3. Wenn Sie die Amplitudenskala auf 5 dB/div (5 dB/Skalenteil) abändern möchten, drücken Sie **Scale/Div** (5) **Enter** .
4. Verschieben Sie die Referenzposition (die durch das Symbol ▶ am linken Bildschirmrand dargestellt wird) auf die zweite Gitterrasterlinie von oben; drücken Sie hierzu **Reference Position** (9) **Enter** . Abbildung 1-3 zeigt die den verschiedenen Referenzpositionen zugeordneten Nummern.
5. Ändern Sie den Referenzpegel auf 0 dB ab; drücken Sie hierzu **Reference Level** (0) **Enter** .

Abbildung 1-3 Referenzpositionen



Meßkanal und Meßfunktion wählen

Mit den Tasten (MEAS 1) und (MEAS 2) können Sie jeweils einen der beiden Meßkanäle aktivieren; “aktiv” bedeutet, daß Sie anschließend die Meßparameter für diesen Kanal eingeben können. Der jeweils aktive Kanal wird heller als der inaktive Kanal dargestellt. Alle Änderungen an Meßparametern betreffen stets nur den aktiven Kanal. (Bestimmte Meßparameter gelten stets für beide Kanäle. Wenn Sie einen solchen Meßparameter verändern, wirkt sich dies auch auf den inaktiven Kanal aus.)

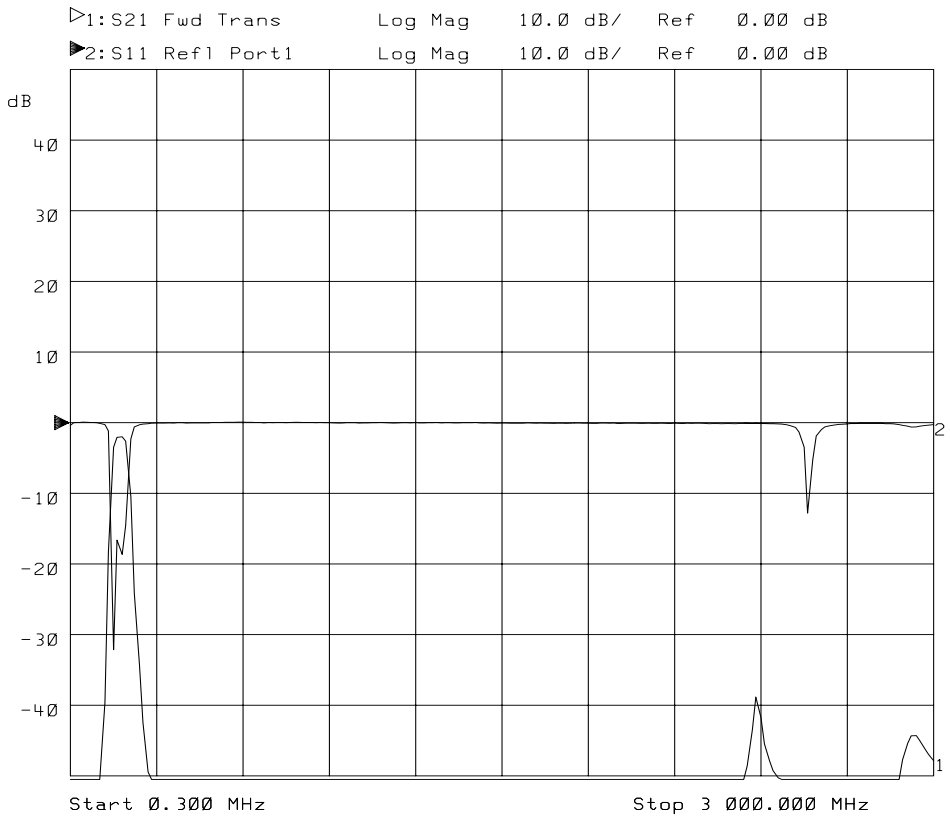
1. Wenn Sie in Kanal 1 den S-Parameter S_{21} und in Kanal 2 den S-Parameter S_{11} messen möchten, drücken Sie folgende Tasten:

   (PRESET) (MEAS 1) **S21 Fwd Trans**

   (MEAS 2) **S11 Refl Port1**

2. Auf dem Bildschirm werden jetzt die Meßkurven beider Kanäle dargestellt. Beachten Sie, daß die Meßkurve des aktiven Kanals (Kanal 2) heller ist als die des inaktiven Kanals (Kanal 1). Siehe Abbildung 1-4.

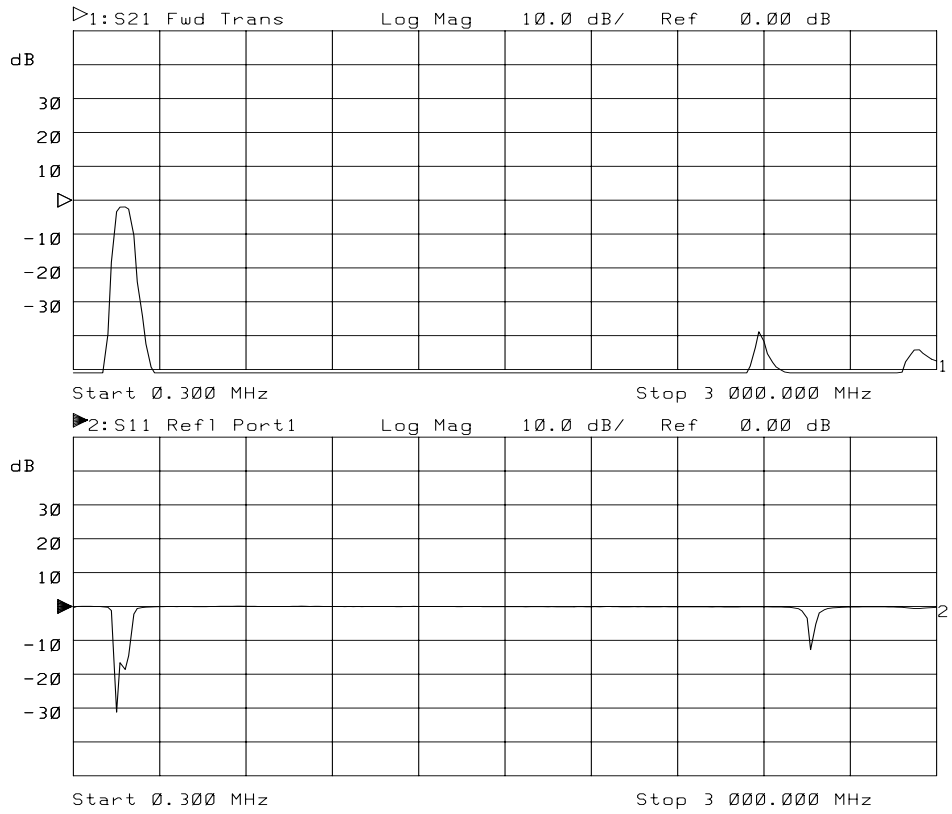
Abbildung 1-4 Gleichzeitige Darstellung beider Kanäle



Darzustellenden Kanal oder darzustellende Kanäle wählen

1. Wenn nur das Ergebnis der S_{11}-Messung in Kanal 2 dargestellt werden soll, drücken Sie (MEAS 1) **Meas OFF** .
2. Um wieder die Ergebnisse beider Messungen sehen zu können, drücken Sie (MEAS 1).
3. Wenn beide Kanäle in separaten Koordinatensystemen dargestellt werden sollen, drücken Sie (DISPLAY) **More Display** **Split Disp FULL split** . Siehe Abbildung 1-5, “Betriebsart “Split Display””.

Abbildung 1-5 Betriebsart “Split Display”



Sie haben soeben gelernt, wie Sie die wichtigsten Meßparameter eingeben und die Bildschirmdarstellung für die jeweilige Meßaufgabe optimieren. Als nächstes können Sie entweder die nachfolgend beschriebene Funktionsprüfung durchführen oder mit Kapitel 2, “Durchführung von Messungen”, fortfahren, in dem die verschiedenen Meßfunktionen ausführlich beschrieben werden.

Funktionsprüfung

Die nachfolgend beschriebene Funktionsprüfung sollten Sie nach der ersten Inbetriebnahme des Gerätes durchführen oder immer dann, wenn Sie sich davon überzeugen möchten, daß der Analysator ordnungsgemäß funktioniert. Bei dieser Funktionsprüfung wird nicht kontrolliert, ob das Gerät den Spezifikationen entspricht. Wenn das Gerät sämtliche Tests besteht, ist jedoch mit hoher Wahrscheinlichkeit anzunehmen, daß es auch die Spezifikationen einhält.

Die Funktionsprüfung umfaßt folgende Messungen unter Verwendung des mitgelieferten Kabels.

- S_{21} and S_{12}
- Pegel (breitbandig)
- S_{11} und S_{22}
- S_{11} und S_{22} (mit einer 50 Ω- oder 75 Ω-Last anstelle des Kabels)

Benötigtes Meßzubehör

Für die Funktionsprüfung benötigen Sie folgendes Meßzubehör:

- Das mitgelieferte oder ein gleichwertiges Kabel. Das Kabel sollte im Frequenzbereich bis 1,3 GHz eine Einfügedämpfung ≤0,5 dB und im Frequenzbereich von 1,3 bis 3.0 GHz eine Einfügedämpfung ≤0,75 dB aufweisen.
- Einen präzisen (50 Ω)- oder (75 Ω)-Lastwiderstand (je nach Systemimpedanz Ihres Analysators) mit > 40 dB Rückflußdämpfung, beispielsweise aus dem Kalibrier-Kit HP 85032B/E (50 Ω) oder HP 85036B/E (75 Ω).

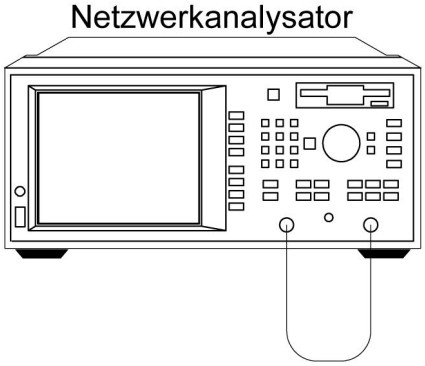
Durchführung von S21- und S12-Transmissions-messungen

1. Verkabeln Sie die Geräte gemäß Abbildung 1-6. Verwenden Sie das mitgelieferte Kabel oder ein gleichwertiges Kabel.

HINWEIS

Beachten Sie, daß die Qualität des Kabels die Meßgenauigkeit beeinflußt. Stellen Sie deshalb sicher, daß das Kabel den unter "Benötigtes Meßzubehör" genannten Anforderungen entspricht.

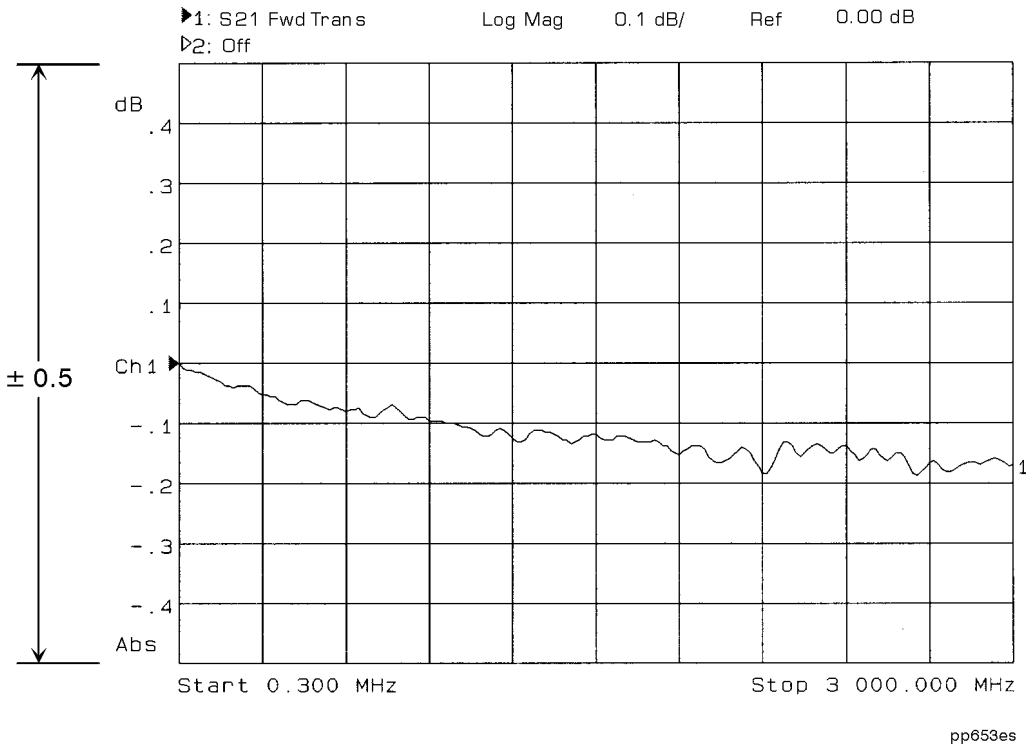
Abbildung 1-6 Meßanordnung für die Funktionsprüfung



pp62es

2. Drücken Sie (PRESET). Der Analysator wird automatisch für eine S_{21}-Messung in Kanal 1 konfiguriert.
3. Drücken Sie (SCALE) (.1) **Enter** .
4. Drücken Sie (POWER) (0) **dBm** .
5. Drücken Sie (CAL) **Default Response** .
6. Vergewissern Sie sich, daß die Meßkurve innerhalb des Bereichs ±0,5 dB liegt. Abbildung 1-7 zeigt ein typisches Ergebnis für den HP 8714ES. Beim HP 8712ES sollte die Meßkurve ähnlich aussehen, aber bei 1300 MHz enden.

Abbildung 1-7 Ergebnisse der S_{21}-Transmissionsmessung



7. Drücken Sie (MEAS 1) **S12 Rev Trans** .
8. Drücken Sie (CAL) **Default Response** .
9. Vergewissern Sie sich, daß die Meßkurve innerhalb des Bereichs ±0,5 dB liegt. Abbildung 1-7 zeigt ein typisches Ergebnis für den HP 8714ES. (Das Ergebnis einer S_{12}-Messung sollte ähnlich aussehen wie dieses Ergebnis einer S_{21}-Messung). Beim HP 8712ES sollte die Meßkurve ähnlich aussehen, aber bei 1300 MHz enden.

Breitbandige Pegelmessung

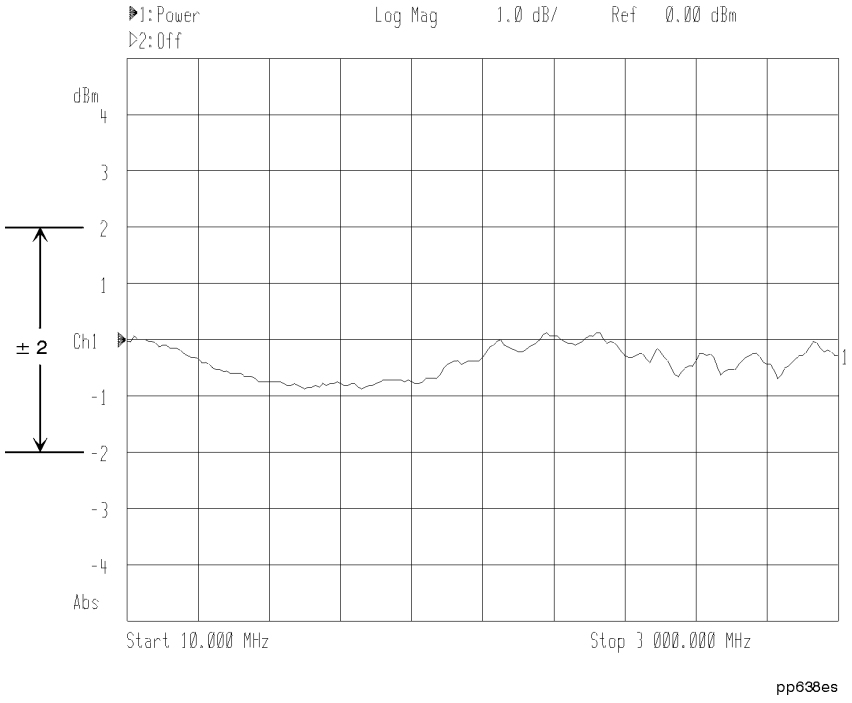
1. Lassen Sie das Kabel gemäß Abbildung 1-6 am Analysator angeschlossen.

HINWEIS

Beachten Sie, daß die Qualität des Kabels die Meßgenauigkeit beeinflußt. Stellen Sie deshalb sicher, daß das Kabel den unter "Benötigtes Meßzubehör" genannten Anforderungen entspricht.

2. Drücken Sie (MEAS 1) **More** **Power** (FREQ) **Start** (10) **MHz** (SCALE) (1) **Enter** .
3. Drücken Sie (POWER) (0) **dBm** (falls dies nicht schon bei der vorigen Messung geschehen ist).
4. Vergewissern Sie sich, daß die Meßkurve um nicht mehr als ±2 dB von 0 dBm abweicht. Abbildung 1-8 zeigt ein typisches Ergebnis für den HP 8714ES. Beim HP 8712ES sollte die Meßkurve ähnlich aussehen, aber bei 1300 MHz enden.

Abbildung 1-8 Ergebnis der breitbandigen Pegelmessung



Durchführung von S11- und S22-Reflexionsmessungen

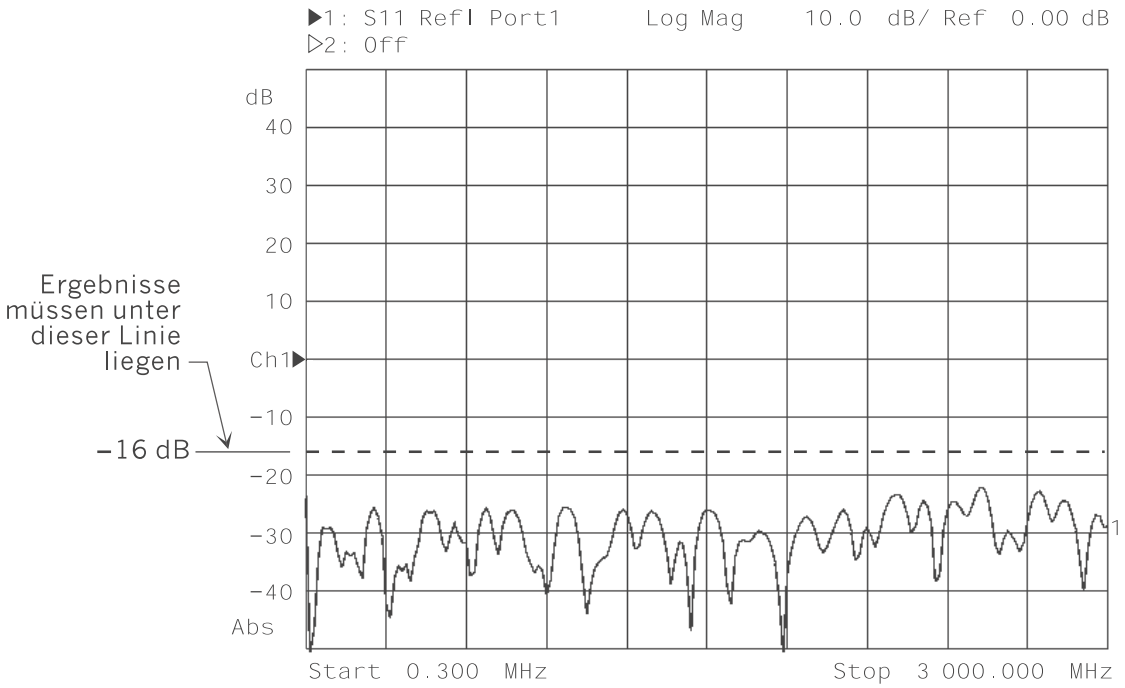
1. Lassen Sie das Kabel gemäß Abbildung 1-6 am Analysator angeschlossen.

HINWEIS

Beachten Sie, daß die Qualität des Kabels die Meßgenauigkeit beeinflußt. Stellen Sie deshalb sicher, daß das Kabel den unter "Benötigtes Meßzubehör" genannten Anforderungen entspricht.

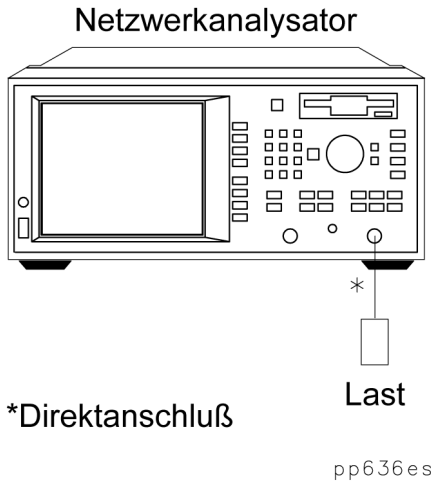
2. Drücken Sie (PRESET) (MEAS 1) **S11 Refl Port1** .
3. Drücken Sie (SCALE) (10) **Enter**
4. Drücken Sie (POWER) (0) **dBm** .
5. Drücken Sie (CAL) **Default 1-Port** .
6. Vergewissern Sie sich, daß die Meßkurve vollständig unterhalb der –16 dB-Linie liegt. Abbildung 1-9 zeigt ein typisches Ergebnis für den HP 8714ES. Beim HP 8712ES sollte die Meßkurve ähnlich aussehen, aber bei 1300 MHz enden.

Abbildung 1-9 Ergebnisse der S_{11}-Reflexionsmessung



7. Drücken Sie (MEAS 1) **S22 Refl Port2** .
8. Drücken Sie (CAL) **Default 1-Port** .
9. Vergewissern Sie sich, daß die Meßkurve vollständig unterhalb der –16 dB-Linie liegt. Abbildung 1-9 zeigt ein typisches Ergebnis für den HP 8714ES. (Das Ergebnis einer S_{22}-Messung sollte ähnlich aussehen wie dieses Ergebnis einer S_{11}-Messung). Beim HP 8712ES sollte die Meßkurve ähnlich aussehen, aber bei 1300 MHz enden.
10. Schließen Sie anstelle des Kabels einen hochwertigen Impedanzabschluß an den Port 2 (siehe Abbildung 1-10).

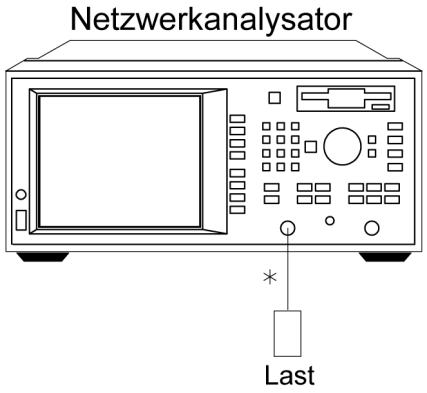
Abbildung 1-10 Anschluß der Last an Port 2



11. Vergewissern Sie sich, daß die Meßkurve vollständig unterhalb der –30 dB-Linie liegt. Falls die Meßkurve nicht vollständig auf dem Bildschirm zu sehen ist, drücken Sie (SCALE) **Reference Level** und (▽), bis die Meßkurve vollständig zu sehen ist.

12. Trennen Sie die Last von Port 2 ab und schließen Sie sie gemäß Abbildung 1-11 an Port 1 an.

Abbildung 1-11 Anschluß der Last an Port 1



*Direktanschluß

pp63es

13. Drücken Sie (MEAS 1) **S11 Refl Port1** .

14. Vergewissern Sie sich, daß die Meßkurve vollständig unterhalb der –30 dB-Linie liegt. Falls die Meßkurve nicht vollständig auf dem Bildschirm zu sehen ist, drücken Sie (SCALE) **Reference Level** und (▽), bis die Meßkurve vollständig zu sehen ist.

Damit ist die Funktionsprüfung abgeschlossen. Wenn Sie möchten, können Sie sicherheitshalber noch weitere Tests durchführen:

- Messen Sie den Frequenzgang eines Filters, dessen Frequenzgang Sie früher schon einmal gemessen und dokumentiert haben, und vergleichen Sie die aktuelle Meßkurve mit der früheren. (Ein 175 MHz-Filter wird mit dem Analysator geliefert). Achten Sie dabei sowohl auf die Frequenzgenauigkeit als auch auf das Grundrauschen.
- Überprüfen Sie in der Betriebsart “Conversion Loss” (B*/R*) den breitbandig gemessenen Frequenzgang des Filters.
- Falls die Frequenzgenauigkeit des Analysators in Ihrer Anwendung kritisch ist, messen Sie mit Hilfe der Frequenzzählerfunktion die Ihnen bekannte Frequenz eines CW-Signals. Die Abweichung sollte nicht mehr als ±,005% betragen (beispielsweise ± 2500 Hz bei

500 MHz). Stellen Sie vor dem Beginn einer Frequenzmessung sicher, daß der Analysator sich in der Betriebsart “Trigger hold” befindet (drücken Sie MENU **Trigger** **Hold**).

Falls der Analysator die Funktionsprüfung nicht besteht

Wiederholen Sie zunächst die Funktionsprüfung unter Verwendung eines anderen Kabels und eines anderen Impedanzabschlusses, um sicherzustellen, daß die beobachteten Abweichungen nicht auf diese Bauteile zurückzuführen sind. Falls Ihr Analysator die Funktionsprüfung immer noch nicht besteht, muß er kalibriert oder repariert werden. Wenden Sie sich in diesem Fall an eine HP-Geschäftsstelle. Die Adresse der nächstgelegenen HP-Geschäftsstelle entnehmen Sie bitte der Tabelle 5-2, “Geschäftsstellen und Service-Zentren von Hewlett-Packard”, in Kapitel 5. Wenn Sie Ihren Analysator an Hewlett-Packard einsenden, füllen Sie bitte das im *Service Guide* enthaltene blaue Reparaturetikett aus, und bringen Sie es am Analysator an.

2 Durchführung von Messungen

Einführung

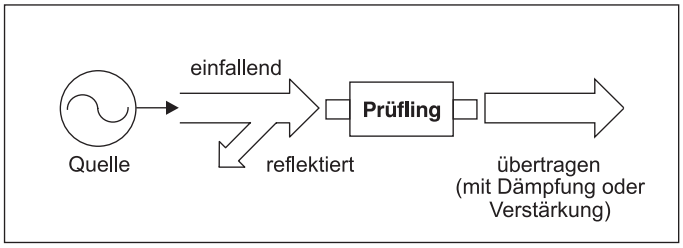
Dieses Kapitel gibt zunächst eine Einführung in die Grundlagen von Netzwerkanalysator-Messungen. Danach wird der typische Ablauf einer Messung beschrieben. Anschließend wird gezeigt, wie Sie mit der Taste BEGIN den Analysator schnell und einfach konfigurieren können. Zuletzt werden folgende Messungen ausführlich beschrieben:

- S-Parameter-Messung mit Zwei-Tor-Kalibrierung
- S_{21} Vorwärts-Transmissionsmessung mit erweiterter Frequenzgangkalibrierung
- S_{11} Reflexionsmessung an Port 1 mit Ein-Tor-Kalibrierung
- Breitbandige Pegelmessung
- Mischdämpfungsmessung
- Messungen über den Hilfseingang
- Gruppenlaufzeitmessung
- Impedanzmessung mit Darstellung der Meßergebnisse als Smith-Diagramm
- Impedanzbetragsmessung

Bauteilmessungen mit einem Netzwerkanalysator

Dieser Abschnitt vermittelt allgemeine Informationen über Bauteilmessungen mit einem Netzwerkanalysator. Der Analysator enthält eine HF-Signalquelle, mit deren Ausgangssignal der Prüfling stimuliert wird. Ein Teil der Signalenergie wird vom Prüfling durchgelassen (transmittiert), ein weiterer Teil wird reflektiert. Bei passiven Bauteilen wird außerdem ein Teil der Signalenergie absorbiert. Bei aktiven Bauteilen mit Verstärkerwirkung erfährt das durchgelassene Signal eine Verstärkung. Abbildung 2-1 verdeutlicht diese Zusammenhänge.

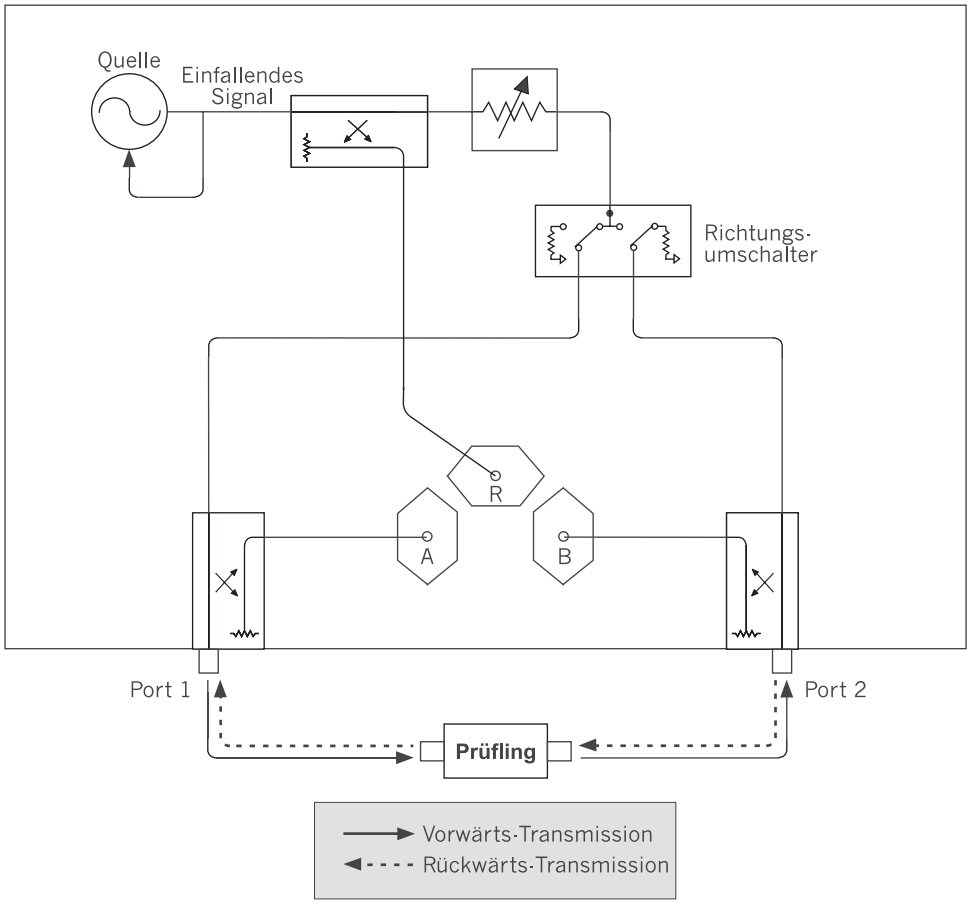
Abbildung 2-1 Reaktion eines Prüflings auf ein HF-Signal



pp639es

Die nachfolgenden Erläuterungen zu Detektor-Betriebsarten werden durch Abbildung 2-2, “Vereinfachtes Blockschaltbild”, veranschaulicht. Das bei Messungen in Vorwärtsrichtung zum Analysatoreingang B durchgelassene Signal und das in den Analysatoreingang A eingespeiste reflektierte Signal werden beide relativ zum einfallenden Signal gemessen. Das bei Messungen in Rückwandsrichtung zum Analysatoreingang A durchgelassene Signal und das in den Analysatoreingang B eingespeiste reflektierte Signal werden ebenfalls relativ zum einfallenden Signal gemessen. Zu diesem Zweck wird ein kleiner Teil der einfallenden Signalenergie innerhalb des Testsets ausgekoppelt und als Referenzsignal verwendet; das Referenzsignal wird in den Analysatoreingang R eingespeist. Bei allen diesen Messungen wird die Frequenz gewobbelt und das Meßergebnisse in Abhängigkeit von der Frequenz (als Frequenzgang) dargestellt.

Abbildung 2-2 Vereinfachtes Blockschaltbild



pp613es

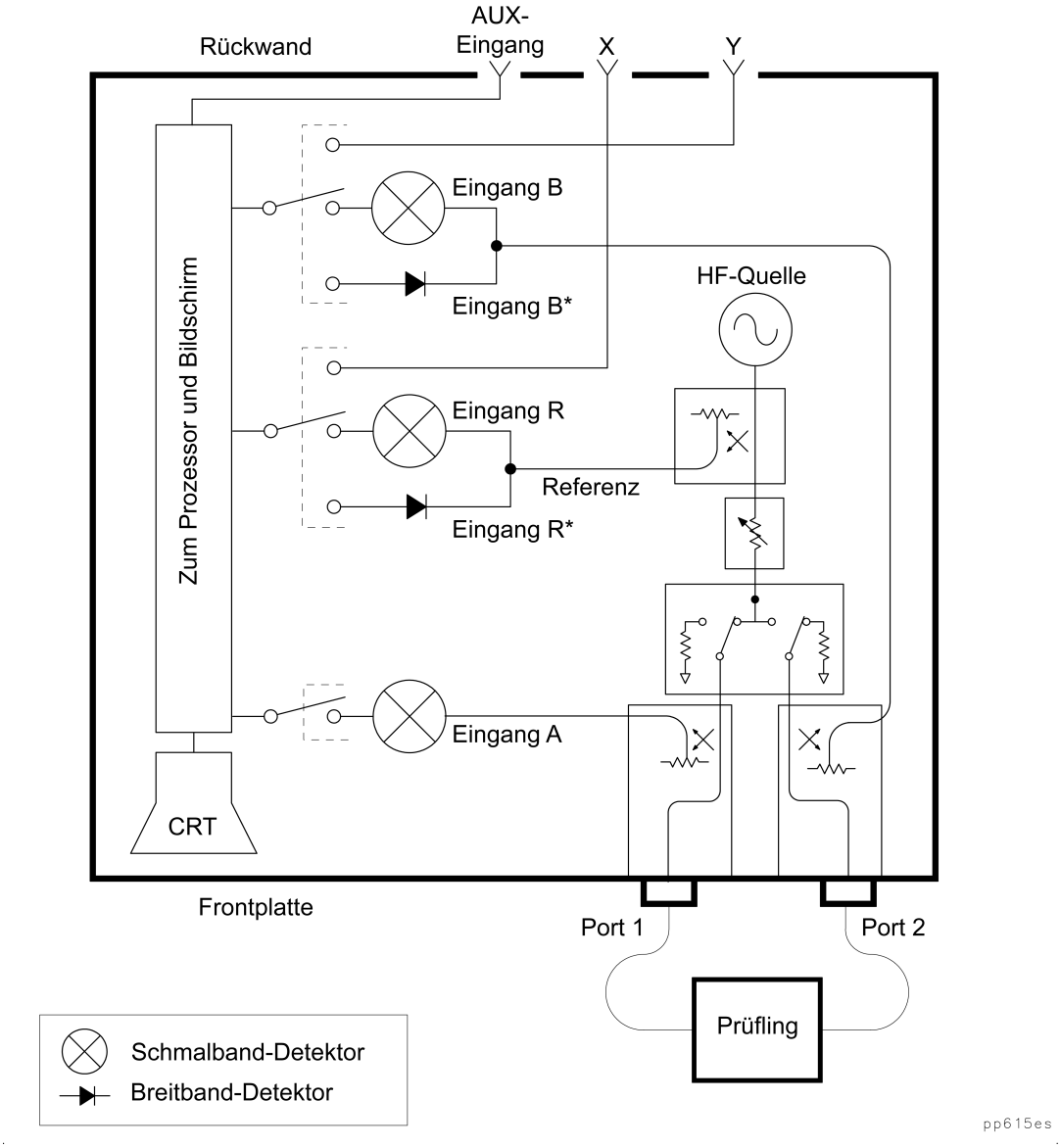
Die folgenden Erläuterungen beziehen sich auf Abbildung 2-3, “Blockschaltbild”. Der Netzwerkanalysator bietet zwei Detektorbetriebsarten zur Auswahl:

- Breitband-Detektorbetriebsart
- Schmalband-Detektorbetriebsart

Der Analysator enthält zwei Breitband-Detektoren: B* and R*. Alternativ können externe Breitband-Detektoren verwendet werden; diese sind an die X- und Y-Anschlüsse auf der Rückwand des Analysators anzuschließen. Wenn der Netzwerkanalysator sich in der Breitband-Detektorbetriebsart befindet, mißt er die Gesamtleistung aller an diesen Anschlüssen anliegenden Signale, unabhängig von deren Frequenz. Diese Betriebsart ermöglicht dadurch die Charakterisierung von frequenzumsetzenden Baugruppen wie z. B. Mischern, Empfängern oder Tunern. In Abbildung 2-3 ist der Breitband-Detektoreingang für das transmittierte Signal als B* und der Breitband-Detektoreingang für das Referenzsignal als R* bezeichnet.

Wenn der Netzwerkanalysator sich in der Schmalband-Detektorbetriebsart befindet, wird der Empfänger automatisch der gewobbelten Stimulussignalfrequenz nachgeführt. Durch die geringere Empfängerbandbreite wird das Rauschen reduziert und der Dynamikbereich entsprechend erweitert. In Abbildung 2-3 ist der Schmalband-Detektoreingang für das bei Vorwärts-Messungen transmittierte Signal bzw. das bei Rückwärtsmessungen reflektierte Signal als Eingang B bezeichnet. Der Schmalband-Detektoreingang für das bei Rückwärts-Messungen transmittierte Signal bzw. das bei Vorwärts-Messungen reflektierte Signal ist als Eingang A bezeichnet. Der Schmalband-Detektoreingang für das Referenzsignal ist als Eingang R bezeichnet.

Abbildung 2-3 Blockschaltbild

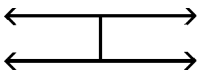
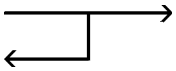
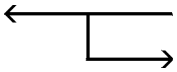


Die folgende Tabelle zeigt die Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Meßfunktionen, Detektorbetriebsarten, Eingangskanälen und Signalen.

Meßfunktion	Detektor-betriebsart	Detektor-eingänge	Eingangs-signale	Meßrich-tung
S_{21} Vorwärts-Trans-missionsmessung	Schmalband	B/R	transmittiert/ einfallend	Vorwärts
S_{12} Rückwärts-Trans-missionsmessung	Schmalband	A/R	transmittiert/ einfallend	Rückwärts
S_{11} Reflexionsmessung an Port 1	Schmalband	A/R	reflektiert/ einfallend	Vorwärts
S_{22} Reflexionsmessung an Port 2	Schmalband	B/R	reflektiert/ einfallend	Rückwärts
Pegel	Breitband	B*	transmittiert	Vorwärts
Mischdämpfung	Breitband	B*/R*	transmittiert/ einfallend	Vorwärts

Meßfunktion-Symbol

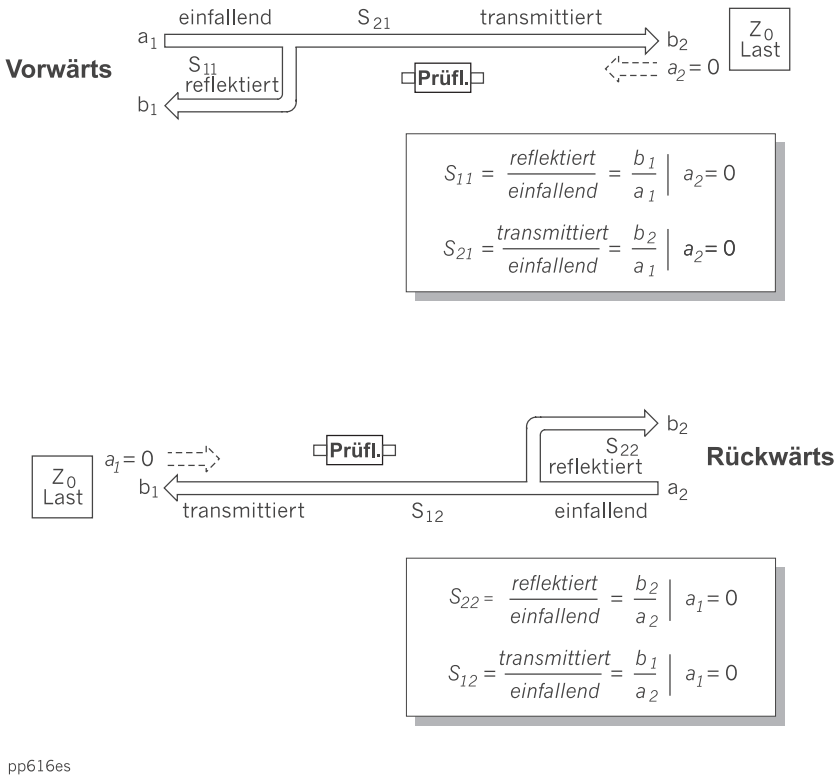
Das in der unteren rechten Ecke des Bildschirms dargestellte Meßfunktion-Symbol zeigt die jeweilige Meßrichtung an. Das Aussehen dieses Symbols ändert sich je nach Meßfunktion, Kalibrierung und Wobbelzeit. Die folgende Tabelle erläutert die Bedeutungen der verschiedenen Symbole. (Wenn beide Meßkanäle aktiv sind, ändern sich die Symbole entsprechend).

Meßfunktion-Symbol	Symbol erscheint bei folgenden Messungen:
	**Beliebige S-Parameter-Messung (mit Zwei-Tor-Kalibrierung), falls die Wobbelzeit weniger als 3,0 Sekunden beträgt.**
	**S-Parameter-Messung in Vorwärtsrichtung (mit Zwei-Tor-Kalibrierung), falls die Wobbelzeit mehr als 3,0 Sekunden beträgt.**
	**S-Parameter-Messung in Rückwärtsrichtung (mit Zwei-Tor-Kalibrierung), falls die Wobbelzeit mehr als 3,0 Sekunden beträgt.**
	S_{11} (nicht mit Zwei-Tor-Kalibrierung) oder Referenzmessung an Kalibriernormalen.[1]
	S_{22} (nicht mit Zwei-Tor-Kalibrierung) oder Referenzmessung an Kalibriernormalen.[1]
	S_{21} oder "Fault location"/"SRL" (nicht mit Zwei-Tor-Kalibrierung), Pegel, Mischdämpfung oder Referenzmessung an Kalibriernormalen.[1]
	S_{12} oder "Fault location"/"SRL" (nicht mit Zwei-Tor-Kalibrierung) oder Referenzmessung an Kalibriernormalen.[1]

1. Bei Referenzmessungen an Kalibriernormalen wird in der Hinweiszeile "Cx" angezeigt; dies bedeutet, daß nicht-korrigierte, nicht-simultane Messungen durchgeführt werden.

S-Parameter-Messungen

Abbildung 2-4 S-Parameter-Messungen



pp616es

Die folgenden Erläuterungen zu S-Parametern beziehen sich auf Abbildung 3-4. Mit Hilfe von S-Parametern läßt sich das elektrische Verhalten eines linearen Zwei-Tor-Bauteils im Hochfrequenzbereich vollständig beschreiben. Ein Bauteil mit n Toren läßt sich durch n^2 S-Parameter vollständig beschreiben. Demnach sind zur Charakterisierung von Zwei-Tor-Bauteilen vier S-Parameter erforderlich. Der erste S-Parameter-Index bezeichnet das Tor, aus dem die Energie austritt; der zweite Index bezeichnet das Tor, in das die Energie einfällt. S_{21} ist daher ein Maß für die Energie, die aus dem Tor 2 austritt, wenn das Tor 1 durch ein HF-Signal stimuliert wird. Wenn beide Indizes gleich sind (beispielsweise S_{11}), handelt es sich um eine Reflexionsmessung.

HINWEIS

S-Parameter-Messungen mit Zwei-Tor-Kalibrierung umfassen eine Messung in Vorwärtsrichtung und eine Messung in Rückwärtsrichtung.

Zur Bestimmung der Parameter S_{11} und S_{21} werden Betrag und Phase des einfallenden, des reflektierten und des transmittierten Signals gemessen, wobei der Ausgang des Prüflings mit der Systemimpedanz Z_0 abgeschlossen wird. Diese Meßanordnung gewährleistet, daß a_2 gleich Null ist. S_{11} entspricht dem komplexen Eingangsreflexionsfaktor oder der Eingangsimpedanz des Prüflings, und S_{21} dem komplexen Vorwärtsübertragungsfaktor.

Analog werden die Parameter S_{22} and S_{12} bestimmt, indem Port 2 als Signalquellenausgang konfiguriert und Port 1 mit der Systemimpedanz abgeschlossen wird (wodurch a_1 zu Null wird). S_{22} entspricht dem komplexen Ausgangsreflexionsfaktor oder der Ausgangsimpedanz des Prüflings, und S_{12} dem komplexen Rückwärtsübertragungsfaktor.

Die Genauigkeit von S-Parameter-Messungen ist in hohem Maße von der Genauigkeit des Impedanzabschlusses an dem jeweils nicht-stimulierten Tor abhängig. Bei nicht perfektem Impedanzabschluß ist a_1 oder a_2 ungleich Null (was die Definition der S-Parameter verletzt). Deshalb ist bei S-Parameter-Messungen die Anpassung zwischen dem Analysator und dem Prüfling von großer Bedeutung. Eine Korrektur der Quellen- und Lastanpassungsfehler mittels Zwei-Tor-Kalibrierung ist für präzise S-Parameter-Messungen unabdingbar. Eine ausführliche Beschreibung der Zwei-Tor-Kalibrierung finden Sie in Kapitel 5, “Verbessern der Meßgenauigkeit durch Kalibrierung”.

Abschwächung oder Verstärkung innerhalb der Meßanordnung

Manche Messungen erfordern die Verwendung eines Abschwächers oder eines Verstärkers. In den folgenden Abschnitten werden die beiden Fälle nacheinander untersucht.

Wann ist ein Abschwächer erforderlich?

- Eine notwendige Voraussetzung für genaue Messungen ist, daß der Eingangspegel am Anschluß RF IN nicht mehr als +10 dBm (für schmalbandige Messungen) bzw. +16 dBm (für breitbandige Messungen) beträgt.

VORSICHT

Falls der Eingangspegel am Empfängereingang des Analysators den maximal zulässigen Pegel von +26 dBm (±30 Vdc) überschreitet, ist die Verwendung eines Abschwächers *zwingend erforderlich*, da sonst der Empfänger beschädigt werden kann.

- Informationen darüber, wie Sie die Anpassungsfehler reduzieren können, finden Sie unter "Verringern der Anpassungsfehler" in Kapitel 4.

Wann ist ein Verstärker erforderlich?

- Wenn der Prüfling einen Eingangspegel erfordert, der über dem maximalen spezifizierten Ausgangspegel der analysatorinternen Signalquelle liegt, benötigen Sie für genaue Messungen einen Verstärker.

HINWEIS

Wenn sich im Signalweg zwischen dem Signalquellenausgang des Analysators und dem Prüfling ein Verstärker befindet, ist es nicht möglich, die Eingangsanpassung (S_{11}) des Prüflings zu messen.

Der maximale spezifizierte Ausgangspegel ist von den installierten Optionen sowie vom Frequenzbereich Ihrer Meßanordnung abhängig. Er liegt im Bereich von +4 dBm bis +13 dBm.

Wann sollte die Systemimpedanz verändert werden?

Ihr Netzwerkanalysator besitzt – je nach Ausführung – eine Systemimpedanz von 50 oder 75 Ohm. Selbstverständlich können Sie unter Verwendung von externen Impedanzwandlern (beispielsweise Minimaldämpfungsgliedern) auch Messungen an Prüflingen mit der jeweils anderen Systemimpedanz durchführen. In diesem Fall sollten Sie am Analysator die alternative Impedanz wählen, damit die Amplitudenwerte korrekt (nämlich auf die konvertierte Impedanz bezogen) angezeigt werden.

Ein Beispiel: Sie besitzen einen Analysator mit 50 Ohm Systemimpedanz und führen unter Verwendung von 50/75-Ohm-Minimaldämpfungsglieden eine Messung an einem 75-Ohm-Prüfling durch. In diesem Fall sollten Sie am Analysator die Einstellung 75 Ohm Systemimpedanz wählen, damit die Amplitudenwerte bezogen auf 75 Ohm angezeigt werden. Die am Analysator gewählte Systemimpedanz betrifft u. a. die Markenanzeigen, das Smith-Diagramm und SRL-Impedanzberechnungen (letzteres betrifft nur Geräte mit Option 100).

Drücken Sie zum Ändern der Systemimpedanz folgende Tasten:

CAL

More Cal

System Z0

50 Ω oder **75 Ω**

Auch die internen Kalibrier-Kit-Parameter werden auf die gewünschte Systemimpedanz konvertiert.

Typische Meßprozedur

Eine typische Messung umfaßt die vier nachfolgend beschriebenen Schritte.

1. Schritt. Eingabe der Meßparameter

Am einfachsten konfigurieren Sie den Analysator durch Drücken der Taste BEGIN. Der Analysator wählt dann automatisch eine für den gewählten Bauteiltyp passende Standardeinstellung. (Siehe “Konfigurieren des Analysators mit Hilfe der Taste BEGIN” weiter unten in diesem Kapitel.)

Falls Ihre Messung eine davon abweichende Einstellung erfordert (beispielsweise einen anderen Frequenzbereich, einen anderen Signalpegel, eine andere Anzahl von Meßpunkten oder eine andere Wobbelzeit), geben Sie die Meßparameter über die entsprechenden Tasten ein, statt die BEGIN zu drücken. Siehe hierzu die Meßbeispiele weiter unten in diesem Kapitel.

2. Schritt. Kalibrieren des Analysators

Unter bestimmten Voraussetzungen liefert Ihr Analysator auch ohne benutzerdefinierte Kalibrierung genaue Meßergebnisse. In Kapitel 5 “Verbessern der Meßgenauigkeit durch Kalibrierung”, wird erläutert, wann eine benutzerdefinierte Kalibrierung erforderlich ist.

3. Schritt. Anschluß des Prüflings

Schließen Sie den Prüfling (und gegebenenfalls das benötigte Meßzubehör) an den Analysator an. Beispiele für typische Meßanordnungen finden Sie weiter unten in diesem Kapitel.

4. Schritt. Darstellung und Interpretation der Meßergebnisse

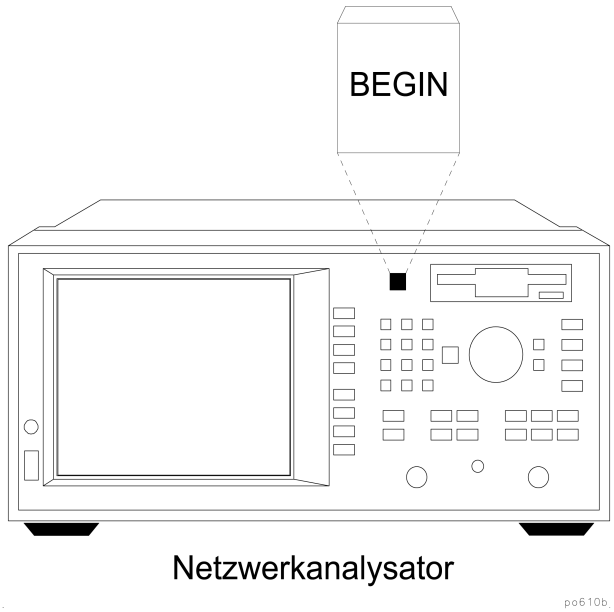
Drücken Sie SCALE, DISPLAY FORMAT und wählen Sie das gewünschte Darstellungsformat.

Der Analysator bietet diverse Funktionen, welche die Auswertung der Meßergebnisse erleichtern, beispielsweise Marken, Grenzwertlinien oder Druckfunktion.

Unter Kapitel 3 “Benutzung der Gerätefunktionen”, finden Sie ausführliche Informationen über die Anwendung der Funktionen zur Darstellung und Auswertung der Meßergebnisse.

Konfigurieren des Analysators mit Hilfe der Taste BEGIN

Abbildung 2-5 Die Taste BEGIN



Mit der Taste BEGIN können Sie den Analysator (ausgehend vom PRESET-Zustand) für Messungen an folgenden Bauteilen konfigurieren:

- Verstärker
- Filter
- Breitbandige passive Bauteile (beispielsweise Kabel)
- Mischer
- Lokalisierung von Kabelfehlern und strukurelle Rückflußdämpfungsmessung (nur Option 100)

Mit der Taste BEGIN können Sie den Analysator schnell und einfach für Messungen an einem bestimmten Bauteiltyp konfigurieren. Der Analysator führt Sie durch die Prozedur und nimmt automatisch die erforderlichen Einstellungen vor.

Überblick über die Taste BEGIN

Mit der Taste BEGIN können Sie den Analysator in eine von mehreren Standardeinstellungen bringen, die jeweils auf einen bestimmten Bauteiltyp zugeschnitten sind.

Die Taste BEGIN zeigt zwei verschiedene "Verhaltensweisen", je nachdem, ob Sie einen *Bauteiltyp* oder eine *Meßfunktion* wählen.

Wahl eines Bauteiltyps

Wenn Sie mit der Taste BEGIN einen Bauteiltyp wählen, geschieht folgendes:

- Der Analysator wird (mit Ausnahme der Extern-Referenz-Parameter und der Triggerbetriebsart) in die Preset-Einstellung gebracht.
- Es wird eine Wobbelung durchgeführt.
- Die Meßergebnisse werden automatisch skaliert.
- Eine Marke wird, je nach Art der Messung, auf das Maximum oder das Minimum der Meßkurve gesetzt.
- Die Marke wird aktiviert.
- Die Wobbelzeit wird angepaßt (gilt nur für Option 100).

Die Preset-Werte für die verschiedenen Meßfunktionen sind aus Tabelle 2-1, "Die verschiedenen BEGIN-Konfigurationen", ersichtlich.

Wahl einer Meßfunktion

Nach der Wahl des Bauteiltyps können Sie mit Hilfe der Softkeys die gewünschte Meßfunktion wählen. Wenn Sie eine Meßfunktion wählen, wird der Analysator nicht automatisch in die Preset-Einstellung gebracht. Es wird vorausgesetzt, daß Sie einfach nur eine andere Meßfunktion wählen möchten und zuvor bereits einige Meßparameter (beispielsweise den Frequenzbereich oder den Signalpegel) gegenüber der Preset-Einstellung verändert haben und diese Parameter für die nachfolgenden Messungen beibehalten möchten. In dieser Situation möchten Sie diese Parameter wahrscheinlich für die nachfolgenden Messungen beibehalten.

HINWEIS

Die minimal zulässige Start-Frequenz für Breitband-Meßfunktionen (beispielsweise Pegel oder Mischdämpfung) beträgt 10 MHz. Wenn der aktuelle Wert der Start-Frequenz weniger als 10 MHz beträgt und Sie die Meßfunktion Pegel oder Mischdämpfung wählen, wird die Start-Frequenz automatisch auf 10 MHz abgeändert. Die Stop-Frequenz bleibt unverändert, es sei denn, sie war auf weniger als 10 MHz eingestellt.

Auswirkungen der Taste BEGIN auf die Meßkanäle

Die Taste BEGIN dient primär zum Konfigurieren des Kanals 1. Dennoch wirkt sie sich auch auf Kanal 2 aus.

Wenn Sie mit der Taste BEGIN einen *Bauteiltyp* wählen und Kanal 2 aktiv ist, wird Kanal 2 abgeschaltet und Kanal 1 aktiviert.

Wenn Sie mit der Taste BEGIN eine *Meßfunktion* wählen und Kanal 2 aktiv ist, bleibt Kanal 2 eingeschaltet *und* aktiv. In diesem Fall wird jedoch Kanal 1 für die gewünschte Meßfunktion konfiguriert, obwohl Kanal 2 der aktive Kanal ist.

Konfigurieren des Analysators mit Hilfe der Taste BEGIN

Nachfolgend wird beschrieben, wie Sie den Netzwerkanalysator für die gewünschte Messung konfigurieren.

1. Drücken Sie PRESET. Hierdurch wird der Analysator in eine definierte Grundeinstellung gebracht.
2. Drücken Sie BEGIN und wählen Sie anschließend per Softkey den zu messenden Bauteiltyp: Verstärker, Filter, breitbandiges passives Bauteil, Mischer oder (nur bei Geräten mit Option 100) Kabel.
3. Schließen Sie den Prüfling an den Analysator an.
4. Wählen Sie per Softkey die gewünschte Meßfunktion:
   - Drücken Sie **S11 Refl Port1**, **S21 Fwd Trans**, **S12 Rev Trans** oder **S22 Refl Port2**, wenn Sie einen bestimmten S-Parameter messen möchten. (Die S-Parameter-Meßfunktionen finden Sie in den Menüs **Amplifier**, **Filter**, **Broadband Passive** und **Mixer**).
   - Drücken Sie **Power**, wenn Sie den HF-Ausgangspegel des Prüflings messen möchten. (Der Softkey **Power** befindet sich im Menü **Amplifier**.)
   - Drücken Sie **Conversion Loss**, wenn Sie die Mischdämpfung des Prüflings messen möchten. (Der Softkey **Conversion Loss** befindet sich im Menü **Mixer**.)
   - Drücken Sie **SRL** (nur bei Geräten mit Option 100 verfügbar), wenn Sie die strukturelle Rückflußdämpfung eines Kabels messen möchten. (Der Softkey **SRL** befindet sich im Menü **Cable**.)

- Drücken Sie **Fault Location** (nur bei Geräten mit Option 100 verfügbar), wenn Sie einen Kabelfehler lokalisieren möchten. (Der Softkey **Fault Location** befindet sich im Menü **Cable** .)

Je nachdem, welche Meßfunktion Sie gewählt haben, befindet sich der Analysator jetzt in einer der nachfolgend aufgelisteten Konfigurationen. (Die Konfigurationen **SRL** und **Fault Location** werden im *Option 100 User's Guide Supplement* beschrieben.)

Tabelle 2-1 Die verschiedenen BEGIN-Konfigurationen

	S_{11} (Reflexionsmessung, Port 1)	S_{21} Vorwärts-Transmissionsmessung	S_{12} Rückwärts-Transmissionsmessung	S_{22} (Reflexionsmessung, Port 2)	Pegel	Mischdämpfung
Frequenzbereich (HP 8712ES)	0,300 MHz bis 1300 MHz	0,300 MHz bis 1300 MHz	0,300 MHz bis 1300 MHz	0,300 MHz bis 1300 MHz	10 MHz bis 1300 MHz	10 MHz bis 1300 MHz
Frequenzbereich (HP 8714ES)	0,300 MHz bis 3000 MHz	0,300 MHz bis 3000 MHz	0,300 MHz bis 3000 MHz	0,300 MHz bis 3000 MHz	10 MHz bis 3000 MHz	10 MHz bis 3000 MHz
Meßfunktion Kanal 1	S_{11}	S_{21}	S_{12}	S_{22}	Pegel	Mischdämpfung
Detektorbetriebsart	Schmalband	Schmalband	Schmalband	Schmalband	Breitband intern	Breitband intern
Meßpfade	A/R	B/R	A/R	B/R	B*	B*/R*

Die folgenden Einstellungen gelten für *alle* in der obigen Tabelle angegebenen Meßfunktionen.

Meßsignalpegel	Preset-Ausgangspegel[1]
Meßkanal 2	“Off”
Format	“Log Mag”
Anzahl der Meßpunkte	201
Wobbelzeit-Betriebsart	“Auto”
Wobbeltriggerung	“Continuous”
Meßdatenmittelung	“Off”
Systembandbreite	“Medium Wide”

1. Der Preset-Signalpegel kann mit Hilfe des Softkeys “Pwr Level at Preset” vorgegeben werden. Der Standardwert beträgt 0 dBm.

Die Funktion User BEGIN

Mit dem Softkey **User BEGIN** können Sie das Menü, das bei Betätigung der Taste BEGIN erscheint, Ihren Anforderungen anpassen und benutzerdefinierte Makros installieren. Mit Hilfe solcher Makros können Sie beispielsweise Softkeys mit folgenden Funktionen realisieren:

- *Schnelle* Save/Recall-Operationen
- Aufruf der am häufigsten benutzten Funktionen
- Aufruf häufig benutzter Prozeduren, die zahlreiche Schritte umfassen

Makros müssen durch ein IBASIC-Programm definiert werden. Wenn derzeit kein **User BEGIN** -Programm installiert ist, erstellt der Analysator automatisch ein standardmäßiges Programm. (Die Installation eines User BEGIN-Programms kann durch AUTOST oder durch **Recall Program** erfolgen).

Mit dem Softkey **User BEGIN on OFF** können Sie zwischen zwei Betriebsarten des Menüs BEGIN wählen: “benutzerdefiniert” ("user", ON) oder “normal” (OFF).

Wenn Sie die Betriebsart **User BEGIN** ON wählen, erscheint bei nachfolgender Betätigung der Taste BEGIN immer wieder das gleiche Menü. (Dies gilt nicht für den Fall, daß Ihr IBASIC-Programm verändert wurde. Wenn das Programm verändert wurde, wird automatisch die Betriebsart **User BEGIN** OFF gewählt).

Die Verwendung der Funktion **User BEGIN** schränkt den Zugriff auf die “normalen” Gerätefunktionen (beispielsweise die Markenfunktionen) in keiner Weise ein und beeinflußt auch nicht die Wobbelgeschwindigkeit.

Auf der Diskette *Example Programs Disk* finden Sie Beispiele für IBASIC-Programme. Vorhandene **User BEGIN** Programme können mit Hilfe der Keystroke-Recording-Funktion modifiziert oder aktualisiert werden.

Weitere Informationen hierzu finden Sie im *Automating Measurements User’s Guide Supplement*.

S-Parameter-Messung mit Zwei-Tor-Kalibrierung

Nachfolgend wird beschrieben, wie eine Zwei-Tor-Kalibrierung durchgeführt wird. Nach erfolgter Kalibrierung ist diese auf alle Arten von S-Parameter-Messungen anwendbar. Es sei darauf hingewiesen, daß Sie mit anderen Kalibrierverfahren eine höhere Meßgeschwindigkeit erzielen; dies geht allerdings zu Lasten der Meßgenauigkeit. Wenn hohe Meßgeschwindigkeit wichtiger ist als größtmögliche Genauigkeit, sollten Sie ein anderes Kalibrierverfahren wählen. Die nachfolgende Tabelle enthält eine Liste aller für S-Parameter-Messungen verfügbaren Kalibrierverfahren.

TIP

Die größtmögliche Meßgenauigkeit erzielen Sie nur bei optimaler Kalibrierung. In Kapitel 5 “Verbessern der Meßgenauigkeit durch Kalibrierung”, finden Sie ausführliche Informationen über alle Aspekte der Kalibrierung.

Tabelle 2-2 Verfügbare Kalibrierverfahren für S-Parameter-Messungen

Meßfunktion	Verfügbare Kalibrierverfahren
S_{11} Refl Port 1 *oder* S_{22} Refl Port 2	“Default 1-Port” “Default 2-Port” “User 1-Port” “User 2-Port”
S_{21} Fwd Trans *oder* S_{12} Rev Trans	“Default Response” “Default 2-Port” “User Response”: “Response” “Response & Isolation” “Enhanced Response” “User 2-Port” “Normalize”

Eingabe der Meßparameter

1. Drücken Sie folgende Tasten:

   PRESET MEAS 1

2. Drücken Sie den Softkey für eine der S-Parameter-Meßfunktionen.

HINWEIS

In diesem Beispiel werden die standardmäßigen Meßparameter für die gewählte S-Parameter-Meßfunktion verwendet. Falls Ihre Anwendung eine davon abweichende Einstellung erfordert, geben Sie jetzt die gewünschten Meßparameter (Frequenzbereich, Signalpegel, Anzahl der Meßpunkte, Wobbelzeit usw.) ein.

Durchführung einer benutzerdefinierten Zwei-Tor-Kalibrierung

Nachfolgend wird beschrieben, wie eine Zwei-Tor-Kalibrierung durchgeführt wird. Bei dieser Kalibrierung werden die Richtverhältnis-, Quellenanpassungs-, Lastanpassungs- und Frequenzgangfehler in der Betriebsart Schmalband-Detektor mittels einer Referenzmessung (unter Verwendung präziser Kalibriernormale) ermittelt und anschließend rechnerisch korrigiert. Hinweise zur Korrektur von Übersprechfehlern finden Sie im Abschnitt über benutzerdefinierte Zwei-Tor-Kalibrierung in Kapitel 5.

Die Zwei-Tor-Kalibrierung betrifft sämtliche Meßpunkte in dem gewählten Frequenzband. Die Anzahl der Meßpunkte beträgt standardmäßig 201, kann jedoch auf einen beliebigen Wert zwischen 3 und 1601 abgeändert werden. Wenn Sie nach der Kalibrierung einen kleineren Frequenzbereich wählen, werden die Kalibrierdaten für die “fehlenden” Meßpunkte durch Interpolation berechnet. Wenn Sie einen größeren Frequenzbereich wählen, wird die Kalibrierung ungültig, und es wird die standardmäßige Zwei-Tor-Kalibrierung wiederhergestellt.

Zur Durchführung einer Zwei-Tor-Kalibrierung benötigen Sie (je nach Systemimpedanz Ihres Analysators) eines der folgenden Kalibrier-Kits:

Kalibrier-Kit-Modell	Impedanz	Steckertyp	Für männliche Testanschlüsse	Für weibliche Testanschlüsse
HP 85032E	**50 Ω**	**Type-N**		✓
HP 85032B	**50 Ω**	**Type-N**	✓	✓
HP 85036E	**75 Ω**	**type-N**		✓
HP 85036B	**75 Ω**	**Type-N**	✓	✓
HP 85033D	**50 Ω**	**3.5-mm**	✓	✓
HP 85039B	**75 Ω**	**Type-F**	✓	✓
HP 85031B	**50 Ω**	**APC-7**	–	–

HINWEIS

Die Angaben zum Geschlecht der Steckverbindungen von Kalibrier-Kits beziehen sich stets auf den *Analysator-Anschluß*, an den sie anzuschließen sind. Das standardmäßige “Kalibrier-Kit-Geschlecht” ist Type-N *weiblich*, weil die Frontplattenanschlüsse des Analysators weiblich sind. (Die Kalibriernormale besitzen hingegen männliche Steckverbindungen).

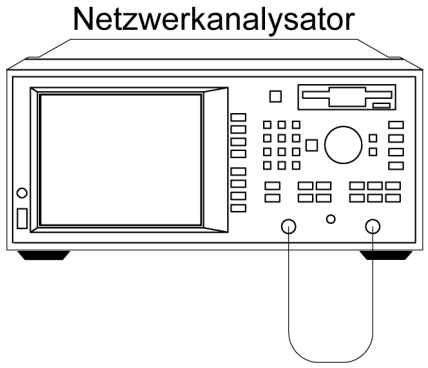
Kalibrierung für einfügbare Bauteile

Bei der Durchführung einer Kalibrierung unter Verwendung eines Durchgangs-Kalibriernormals passen die Testanschlüsse normalerweise zueinander. Sie können beispielsweise zwei Kabel mit passenden Steckverbindern direkt (ohne Adapter) miteinander verbunden werden; in diesem Fall hat das Durchgang-Kalibriernormal die elektrische Länge Null. Ein einfügbares Bauteil im Sinne dieses Handbuchs ist ein Bauteil, das anstelle eines Durchgang-Kalibriernormals mit der elektrischen Länge Null in den Signalpfad eingefügt werden kann. Es besitzt an beiden Anschlüssen den gleichen Steckverbindertyp, aber mit jeweils unterschiedlichem Geschlecht, oder an beiden Anschlüssen den gleichen geschlechtslosen Steckverbindertyp (beispielsweise APC-7).

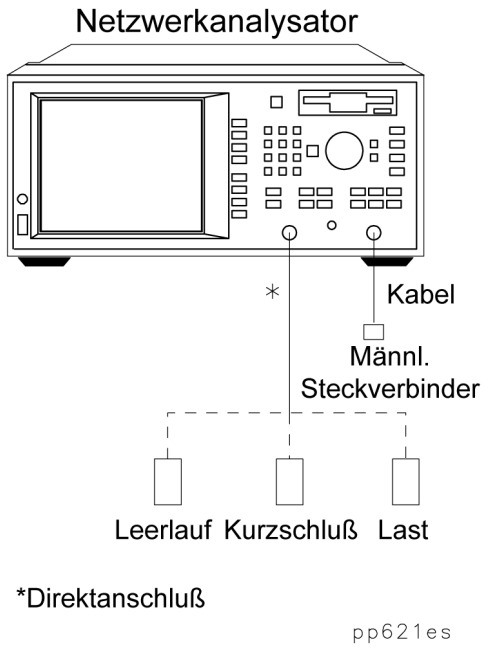
Kapitel 5 beschreibt ausführlich, wann eine benutzerdefinierte Kalibrierung erforderlich ist und, enthält Informationen über andere Kalibrierverfahren für S-Parameter-Messungen. Wenn Sie eine Zwei-Tor-Kalibrierung für ein einfügbares Bauteil durchführen möchten, gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Wählen Sie die Kalibrier-Kits für die beiden Anschlüsse: Da für Port 1 das standardmäßige Kalibrier-Kit (Type-N, weiblich) verwendet wird, ist dieses bereits gewählt. Drücken Sie für Port 2 (CAL) **More Cal** **Cal Kit** und markieren Sie mit Hilfe des Drehknopfs oder der Tasten (↑) (↓) in der Tabelle “Port 2”. Drücken Sie **Type-N(m)** .
2. Drücken Sie **Prior Menu** **Prior Menu** **User 2-Port** **User 2-Port** . Wenn auch Übersprechfehler korrigiert werden sollen, bringen Sie den Softkey **Isolation on OFF** in die Stellung ON. (Weitere Informationen über die Isolationskalibrierung finden Sie im Abschnitt über benutzerdefinierte Zwei-Tor-Kalibrierung in Kapitel 5).
3. Wenn Sie aufgefordert werden, ein Durchgangskabel anzuschließen, schließen Sie ein Kabel mit Type-N(m)-Steckverbindern gemäß Abbildung 2-6 zwischen Port 1 und Port 2 an. Drücken Sie **Measure Standard** . Trennen Sie nach Abschluß der Referenzmessung das Kabel vom Port 1 ab, lassen Sie es aber an Port 2 angeschlossen.
4. Sie werden aufgefordert, nacheinander drei Kalibriernormale (Leerlauf, Kurzschluß und Last) an Port 1 anzuschließen. Siehe hierzu die nachfolgende Abbildung.

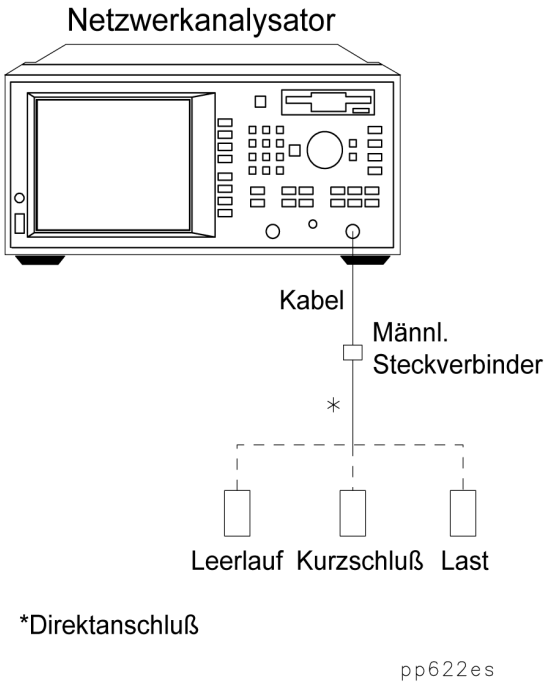
Abbildung 2-6 Durchgangskabelverbindung



pp62es



Port 1: Leerlauf-, Kurzschluß- und Lastnormale



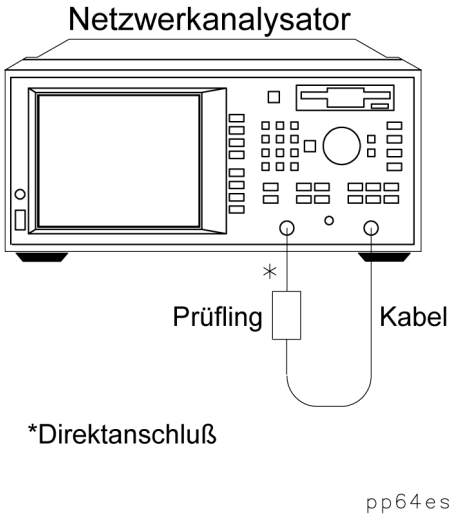
Port 2: Leerlauf-, Kurzschluß- und Lastnormale

5. Drücken Sie nach dem Anschließen eines Kalibriernormals jeweils den Softkey **Measure Standard** .
6. Als nächstes werden Sie aufgefordert, nacheinander drei Kalibriernormale (Leerlauf, Kurzschluß und Last) an Port 2 anzuschließen. Statt die Kalibriernormale direkt an Port 2 anzuschließen, schließen Sie sie an das offene Ende des Kabels an. Dieses Kabelende wird zum kalibrierten Port 2 für die späteren Messungen. Siehe obige Abbildung.
7. Der Analysator führt jeweils eine Referenzmessung durch und berechnet dann die neuen Kalibrierfaktoren. Wenn die Berechnung der neuen Kalibrierdaten abgeschlossen ist, erscheint für einige Sekunden die Meldung "`Calibration complete.`".

HINWEIS Eine anschließende Änderung des Wobbelbereichs (oder anderer Signalquellen-Parameter) kann die Kalibrierung ungültig werden lassen. Weitere Informationen hierzu finden Sie in Kapitel 5.

Anschluß des Prüflings.

Abbildung 2-7 Meßanordnung für eine S-Parameter-Messung an einem einfügbaren Zwei-Tor-Bauteil



pp64es

Darstellung und Interpretation der S-Parameter-Meßergebnisse.

1. Drücken Sie, damit die gesamte Meßkurve dargestellt wird, SCALE **Autoscale**.
2. Was die Interpretation der Meßergebnisse anbelangt, sei auf die Beispiele für S-Parameter-Messungen verwiesen, die weiter unten in diesem Kapitel folgen.

HINWEIS Nach Durchführung einer Zwei-Tor-Kalibrierung und einer Bauteilmessung können Sie sich die einzelnen S-Parameter anschauen. Drücken Sie hierzu MENU **Trigger** **Single** und wählen Sie dann im Menü MEAS 1 oder MEAS 2 den gewünschten S-Parameter. Eventuell müssen Sie beim Umschalten von einem S-Parameter auf einen anderen die Skalierung verändern.

Kalibrierung für nicht-einfügbare Bauteile

Ein nicht-einfügbares Bauteil im Sinne dieses Handbuchs ist ein Bauteil, das nicht anstelle eines Durchgang-Kalibriernormals mit der elektrischen Länge Null in den Signalpfad eingefügt werden kann. Es besitzt an beiden Anschlüssen den gleichen Steckverbindertyp mit dem gleichen Geschlecht, oder unterschiedliche Steckverbindertypen (beispielsweise an einem Anschluß SMA und am anderen Anschluß Type-N). Für nicht-einfügbare Bauteile sind die beiden folgenden Kalibrierverfahren verfügbar:

- Vertauschen gepaarter Adapter
- Modifizieren der Kalibrier-Kit-Definition des Durchgang-Kalibriernormals

In den folgenden Beispielen besitzt das nicht-einfügbare Bauteil an beiden Anschlüssen weibliche Type-N-Steckverbinder.

Methode A: Vertauschen gepaarter Adapter.

Für dieses Verfahren benötigen Sie zwei hochgenaue, möglichst exakt übereinstimmende Adapter. Die beiden Adapter müssen hinsichtlich Anpassung, Systemimpedanz (Z_0), Einfügedämpfung und elektrischer Verzögerung übereinstimmen. Die in den meisten Kalibrier-Kits von Hewlett-Packard enthaltenen Adapter weisen übereinstimmende elektrische Längen auf, auch wenn sie sich hinsichtlich ihrer mechanischen Längen unterscheiden.

HINWEIS

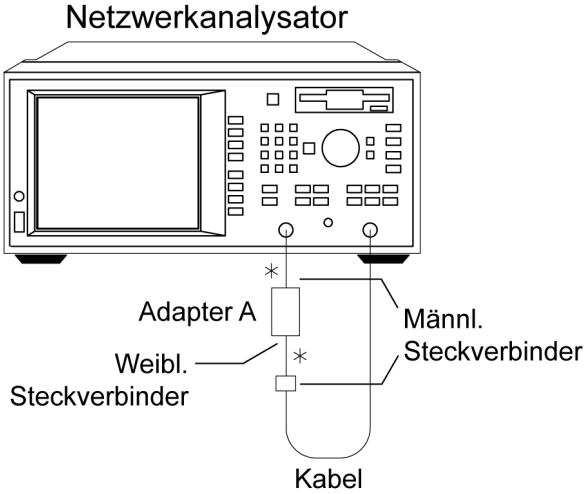
Nur für Analysatoren mit 50 Ohm Eingangsimpedanz: Das Kalibrier-Kit für 50 Ohm Type-N (HP 85032B) enthält vier gepaarte Adapter: zwei Adapter APC-7 auf Type-N(w), und zwei Adapter APC-7 auf Type-N(m). Um im folgenden Beispiel den Adapter A zu erstellen, verbinden Sie einen Adapter APC-7 auf Type-N(w) mit einem Adapter APC-7 auf Type-N(m). Um den Adapter B zu erstellen, verbinden Sie zwei Adapter APC-7 auf Type-N(m) miteinander.

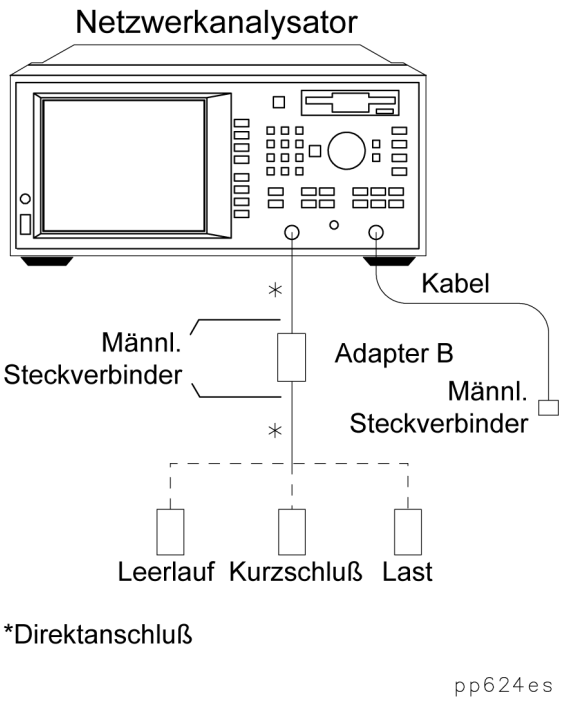
HINWEIS

Die Angaben zum Geschlecht der Steckverbindungen von Kalibrier-Kits beziehen sich stets auf den *Analysator-Anschluß*, an den sie anzuschließen sind. Das standardmäßige “Kalibrier-Kit-Geschlecht” ist Type-N *weiblich*, weil die Frontplattenanschlüsse des Analysators weiblich sind. (Die Kalibriernormale besitzen hingegen männliche Steckverbindungen).

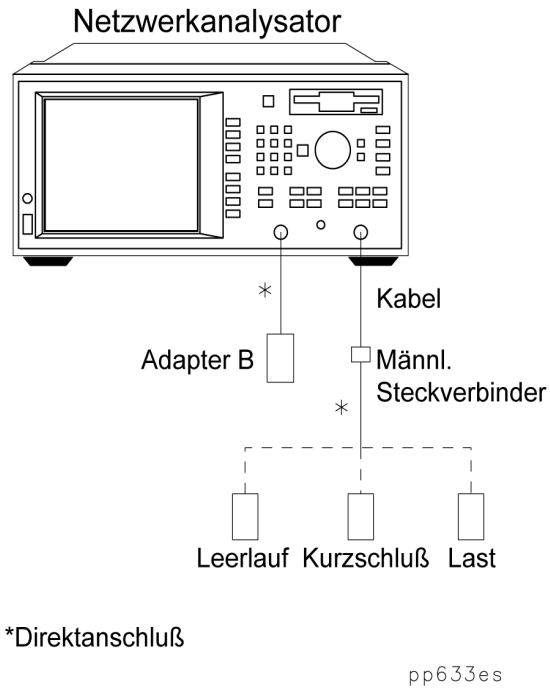
1. Schließen Sie ein Durchgangskabel mit Type-N(m)-Steckverbindern an den Port 2 an.
2. Wählen Sie die Kalibrier-Kits für beide Ports. Drücken Sie hierzu CAL **More Cal** **Cal Kit** und markieren Sie mit Hilfe des Drehknopfs oder der Tasten ⇧ ⇩ in der Tabelle “Port 1”. Drücken Sie **Type-N(m)** . Markieren Sie “Port 2” und drücken Sie nochmals **Type-N(m)** .
3. Schließen Sie den Adapter A (Type-N(m) auf Type-N(w)) an den Port 1 an.
4. Drücken Sie **Prior Menu** **Prior Menu** **User 2-Port** **User 2-Port** . Wenn auch Übersprechfehler korrigiert werden sollen, bringen Sie den Softkey **Isolation on OFF** in die Stellung ON. (Weitere Informationen über die Isolationskalibrierung finden Sie im Abschnitt über benutzerdefinierte Zwei-Tor-Kalibrierung in Kapitel 5).
5. Wenn Sie aufgefordert werden, ein Durchgangskabel anzuschließen, schließen Sie das Port-2-Kabel gemäß Abbildung 2-8 an den Adapter A an Port 1 an. Drücken Sie **Measure Standard** .

Abbildung 2-8 Direkte Kabelverbindung





Port 1: Leerlauf-, Kurzschluß- und Lastnormale



Port 2: Leerlauf-, Kurzschluß- und Lastnormale

6. Trennen Sie den Adapter A ab, und schließen Sie den Adapter B (Type-N(m) auf Type-N(m)) an den Port 1 an. Adapter B wird zum effektiven Meßanschluß.
7. Wenn Sie dazu aufgefordert werden, schließen Sie nacheinander drei Kalibriernormale (Leerlauf, Kurzschluß und Last) an den Adapter B an (siehe obige Abbildung).
8. Drücken Sie nach dem Anschließen eines Kalibriernormals jeweils den Softkey **Measure Standard** .
9. Wenn Sie dazu aufgefordert werden, schließen Sie nacheinander drei Kalibriernormale (Leerlauf, Kurzschluß und Last) an das Port-2-Kabel an (siehe obige Abbildung).

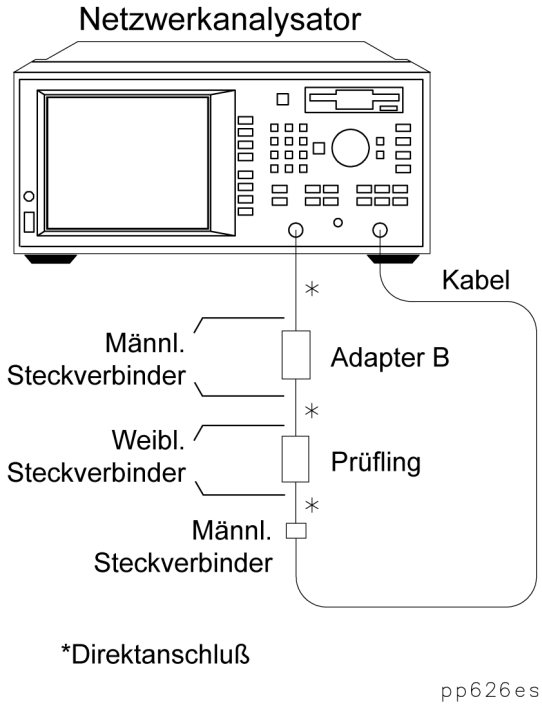
10. Drücken Sie nach dem Anschließen eines Kalibriernormals jeweils den Softkey **Measure Standard** .
11. Der Analysator führt jeweils eine Referenzmessung durch und berechnet dann die neuen Kalibrierfaktoren. Nach der Berechnung der neuen Kalibrierfaktoren wird einige Sekunden lang der Hinweis "`Calibration complete.`" angezeigt.

HINWEIS Eine anschließende Änderung des Wobbelbereichs (oder anderer Signalquellen-Parameter) kann die Kalibrierung ungültig werden lassen. Weitere Informationen hierzu finden Sie in Kapitel 5.

Anschluß des Prüflings.

12. Führen Sie unter Verwendung des Adapters B (siehe Abbildung 2-9) die Messung am Prüfling durch.

Abbildung 2-9 Meßanordnung für eine S-Parameter-Messung an einem nicht-einfügbaren Zwei-Tor-Bauteil



HINWEIS Nach Durchführung einer Zwei-Tor-Kalibrierung und einer Bauteilmessung können Sie sich die einzelnen S-Parameter anschauen. Drücken Sie hierzu (MENU) **Trigger** **Single** und wählen Sie dann im Menü (MEAS 1) oder (MEAS 2) den gewünschten S-Parameter. Eventuell müssen Sie beim Umschalten von einem S-Parameter auf einen anderen die Skalierung verändern.

Methode B: Modifizieren der Kalibrier-Kit-Definition des Durchgang-Kalibriernormals.

Für dieses Verfahren benötigen Sie nur einen Adapter. Die Durchgang-Kalibriernormal-Definition für das Kalibrier-Kit wird zwecks Kompensation des Adapters modifiziert und anschließend als benutzerdefiniertes Kalibrier-Kit abgespeichert. Vorab muß allerdings die elektrische Verzögerung des Adapters bestimmt werden.

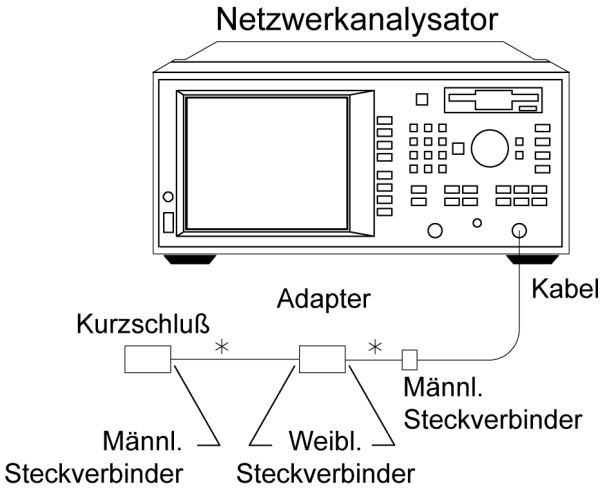
HINWEIS *Nur für Analysatoren mit 50 Ohm Eingangsimpedanz:* Das Kalibrier-Kit für 50 Ohm Type-N (HP 85032B) enthält vier gepaarte Adapter: zwei Adapter APC-7 auf Type-N(w), und zwei Adapter APC-7 auf Type-N(m). Um im folgenden Beispiel den Adapter zu erstellen, verbinden Sie zwei Adapter APC-7 auf Type-N(w) miteinander.

HINWEIS Die Angaben zum Geschlecht der Steckverbindungen von Kalibrier-Kits beziehen sich stets auf den *Analysator-Anschluß*, an den sie anzuschließen sind. Das standardmäßige “Kalibrier-Kit-Geschlecht” ist Type-N *weiblich*, weil die Frontplattenanschlüsse des Analysators weiblich sind. (Die Kalibriernormale besitzen hingegen männliche Steckverbindungen).

1. Schließen Sie ein Durchgangskabel mit Type-N(m)-Steckverbindern an den Port 2 an.
2. Drücken Sie zur Auswahl eines Kalibrier-Kits für Port 2 (PRESET) (CAL) **More Cal** **Cal Kit**, und markieren Sie mit Hilfe des Drehknopfs oder der Tasten (△) (▽) in der Tabelle “Port 2”. Drücken Sie **Type-N(m)**.
3. Drücken Sie (MEAS 1) **S22 Refl Port2**. Führen Sie eine Ein-Tor-Reflexionskalibrierung am Port-2-Kabel durch. Siehe “Durchführung einer benutzerdefinierten Ein-Tor-Kalibrierung” weiter unten in diesem Kapitel.
4. Schließen Sie den Adapter weiblich-auf-weiblich an das Port-2-Kabel an.

5. Schließen Sie das offene Ende des Adapters mit einem Kurzschluß-Kalibriernormal ab (siehe Abbildung 2-10).

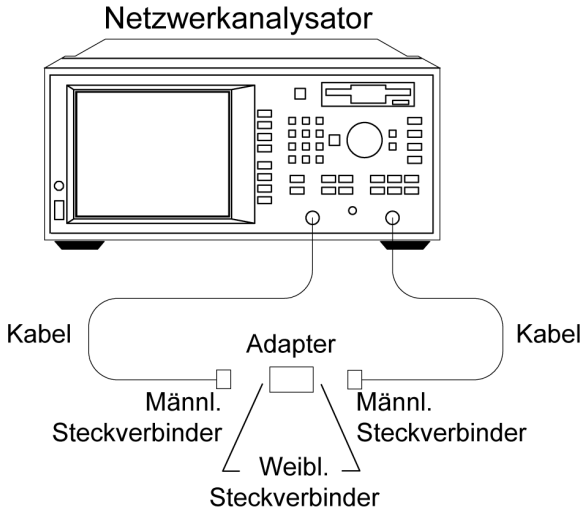
Abbildung 2-10 Port 2: Anschluß des Kurzschluß-Kalibriernormals an den Adapter



6. Messen Sie die elektrische Verzögerung des Adapters: FORMAT **Delay** .
7. Dividieren Sie den Meßwert durch 2.
8. Bestimmen Sie die Verzögerung des Kurzschluß-Kalibriernormals:
   - Drücken Sie SYSTEM OPTIONS **Operating Parameters** .
   - Drücken Sie insgesamt fünfmal **Next Screen** .
   - Lesen Sie in der Tabelle mit der Überschrift “CAL KIT: Port 2” den numerischen Wert für die Verzögerung des Kurzschluß-Kalibriernormals ab.
9. Subtrahieren Sie diesen Wert von dem in Schritt 7 berechneten Wert. Das Ergebnis entspricht der Verzögerung des Adapters.
10. Trennen Sie das Kurzschluß-Kalibriernormal vom Adapter ab.
11. Schließen Sie ein Durchgangskabel mit Type-N(m)-Steckverbindern an den Port 1 an.

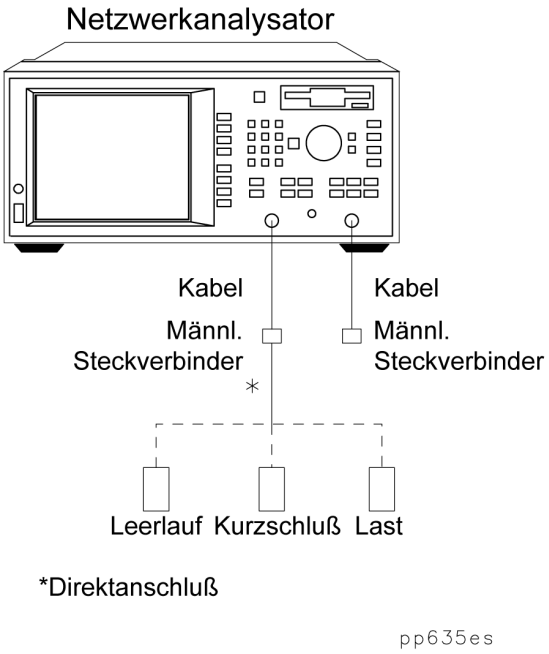
12. Modifizieren Sie die Kalibrier-Kit-Definition des Durchgang-Kalibriernormals, indem Sie die elektrische Verzögerung des Adapters eingeben:
    - Drücken Sie CAL **More Cal** **Cal Kit** **Modify Type-N(m)** **Thru** **Delay** . Geben Sie über die Tastatur und mit Hilfe der Softkeys den Verzögerungswert ein.
    - Drücken Sie **Prior Menu** **Store to Cal Kit A** .
    - Wählen Sie ein Kalibrier-Kit für Port1: Drücken Sie CAL **More Cal** **Cal Kit** und markieren Sie mit Hilfe des Drehknopfs oder der Tasten ⇧ ⇩ in der Tabelle “Port 1”. Drücken Sie **More Cal Kits** **User Cal Kit A** .
13. Drücken Sie **Prior Menu** **Prior Menu** **User 2-Port** **User 2-Port** . Wenn auch Übersprechfehler korrigiert werden sollen, bringen Sie den Softkey **Isolation on OFF** in die Stellung ON. (Weitere Informationen über die Isolationskalibrierung finden Sie im Abschnitt über benutzerdefinierte Zwei-Tor-Kalibrierung in Kapitel 5).
14. Wenn Sie aufgefordert werden, ein Durchgangskabel anzuschließen, verbinden Sie die an den Ports 1 und 2 angeschlossenen Kabel über den Adapter weiblich-auf-weiblich miteinander (siehe Abbildung 2-11). Drücken Sie **Measure Standard** .

Abbildung 2-11 Direkte Kabelverbindung

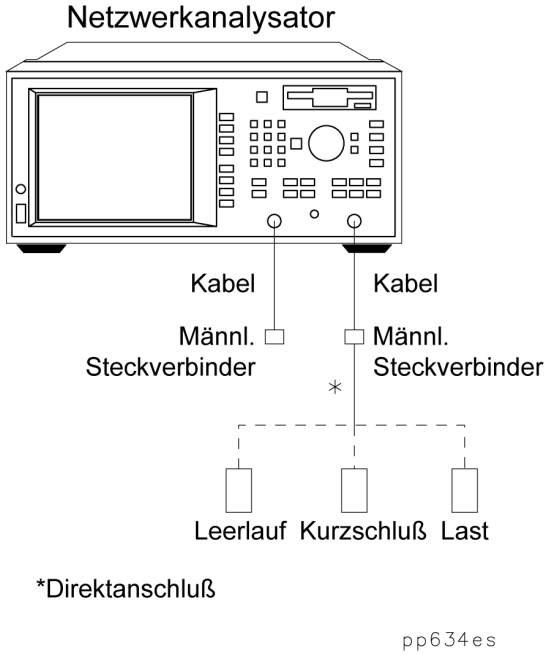


pp628es

15. Entfernen Sie den Adapter zwischen den Port-1- und Port-2-Kabeln.
16. Schließen Sie, wenn Sie dazu aufgefordert werden, nacheinander drei Kalibriernormale (Leerlauf, Kurzschluß und Last) an das Port-1-Kabel an (siehe folgende Abbildung).
17. Drücken Sie nach dem Anschließen eines Kalibriernormals jeweils den Softkey **Measure Standard** .



Port 1: Leerlauf-, Kurzschluß- und Lastnormale



Port 2: Leerlauf-, Kurzschluß- und Lastnormale

18. Wenn Sie dazu aufgefordert werden, schließen Sie nacheinander drei Kalibriernormale (Leerlauf, Kurzschluß und Last) an das Port-2-Kabel an.
19. Drücken Sie nach dem Anschließen eines Kalibriernormals jeweils den Softkey **Measure Standard** .

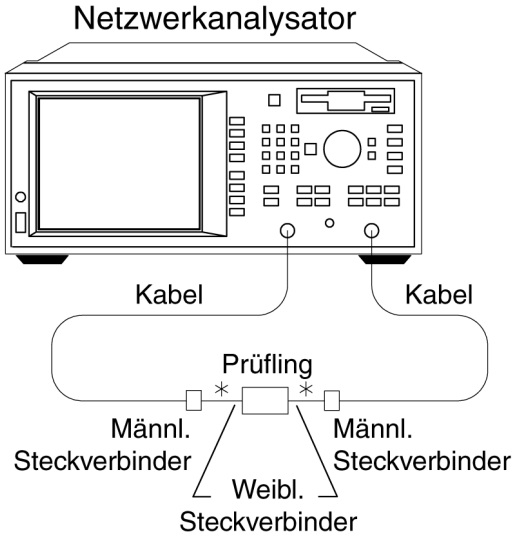
20. Der Analysator führt jeweils eine Referenzmessung durch und berechnet dann die neuen Kalibrierfaktoren. Nach der Berechnung der neuen Kalibrierfaktoren wird einige Sekunden lang der Hinweis "`Calibration complete.`" angezeigt.

HINWEIS Eine anschließende Änderung des Wobbelbereichs (oder anderer Signalquellen-Parameter) kann die Kalibrierung ungültig werden lassen. Weitere Informationen hierzu finden Sie in Kapitel 5.

Anschluß des Prüflings.

21. Schließen Sie den Prüfling gemäß Abbildung 2-12 an, und führen Sie die gewünschten Messungen durch.

Abbildung 2-12 Meßanordnung für eine S-Parameter-Messung an einem nicht-einfügbaren Zwei-Tor-Bauteil



Weitere Informationenen über Messungen an nicht-einfügbaren Bauteilen finden Sie in der HP Product Note 8510-13 (HP-Publikationsnummer 5956-4373E). Diese Product Note können Sie im Internet einsehen: Gehen Sie zu http://www.tmo.hp.com, und wählen Sie “Application Note Library.”

HINWEIS

Nach Durchführung einer Zwei-Tor-Kalibrierung und einer Bauteilmessung können Sie sich die einzelnen S-Parameter anschauen. Drücken Sie hierzu (MENU) **Trigger** **Single** und wählen Sie dann im Menü (MEAS 1) oder (MEAS 2) den gewünschten S-Parameter. Eventuell müssen Sie beim Umschalten von einem S-Parameter auf einen anderen die Skalierung verändern.

Darstellung und Interpretation der S-Parameter-Meßergebnisse

1. Drücken Sie, damit die gesamte Meßkurve dargestellt wird, (SCALE) **Autoscale** .
2. Was die Interpretation der Meßergebnisse anbelangt, sei auf die Beispiele für S-Parameter-Messungen verwiesen, die weiter unten in diesem Kapitel folgen.

S_{21} Vorwärts-Transmissionsmessung mit erweiterter Frequenzgangkalibrierung

Das folgende Beispiel beschreibt die Durchführung einer Kalibrierung für eine S_{21}-Messung und einer solchen Messung. Die gleichen allgemeinen Konzepte gelten auch für eine S_{12}-Messung. In diesem Beispiel wird mit einer erweiterten Frequenzgangkalibrierung gearbeitet; Sie können jedoch auch andere Kalibrierverfahren anwenden. Beispielsweise können Sie die weiter oben in diesem Kapitel beschriebene Zwei-Tor-Kalibrierung anwenden. Die Zwei-Tor-Kalibrierung ist genauer als die übrigen Kalibrierverfahren; dies geht jedoch zu Lasten der Wobbelgeschwindigkeit. Die für S_{21}- oder S_{12}-Messungen verfügbaren Kalibrierverfahren sind aus der nachstehenden Tabelle ersichtlich.

TIP

Die größtmögliche Meßgenauigkeit erzielen Sie nur bei optimaler Kalibrierung. In Kapitel 5 “Verbessern der Meßgenauigkeit durch Kalibrierung”, finden Sie ausführliche Informationen über alle Aspekte der Kalibrierung.

Tabelle 2-3 Kalibrierverfahren für S_{21}- und S_{12}-Messungen

Meßfunktion	Verfügbare Kalibrierverfahren
S_{21} Fwd Trans *oder* S_{12} Rev Trans	“Default Response” “Default 2-Port” “User Response”: “Response” “Response & Isolation” “Enhanced Response” “User 2-Port” “Normalize”

Das Beispiel bezieht sich auf das mit dem Analysator gelieferte Bandpaßfilter.

Eingabe der Meßparameter

Drücken Sie (PRESET), um den Analysator in die Grundeinstellung zu bringen; in der Grundeinstellung ist das Gerät für S_{21}-Messung in Kanal 1 konfiguriert.

HINWEIS

In diesem Beispiel werden die standardmäßigen Meßparameter für S_{21}-Messungen verwendet. Falls Ihre Anwendung eine davon abweichende Einstellung erfordert, geben Sie jetzt die gewünschten Meßparameter (Frequenzbereich, Signalpegel, Anzahl der Meßpunkte, Wobbelzeit usw.) ein.

Durchführung einer erweiterten Frequenzgangkalibrierung

Bei einer erweiterten Frequenzgangkalibrierung werden die Quellenanpassungs- und Frequenzgangfehler in der Betriebsart Schmalband-Detektor durch eine Referenzmessung (unter Verwendung präziser Kalibriernormale) ermittelt und anschließend rechnerisch korrigiert. Die Korrektur betrifft sämtliche Meßpunkte in dem gewählten Frequenzband. Die Anzahl der Meßpunkte beträgt standardmäßig 201, kann jedoch auf einen beliebigen Wert zwischen 3 und 1601 abgeändert werden. Wenn Sie nach der Kalibrierung einen kleineren Frequenzbereich wählen, werden die Kalibrierdaten für die “fehlenden” Meßpunkte durch Interpolation berechnet. Wenn Sie einen größeren Frequenzbereich wählen, wird die Kalibrierung ungültig, und es wird die standardmäßige Frequenzgangkalibrierung wiederhergestellt.

Zur Durchführung einer erweiterten Transmissionsfrequenzgang-Kalibrierung benötigen Sie (je nach Systemimpedanz Ihres Analysators) eines der folgenden Kalibrier-Kits:

Kalibrier-Kit-Modell	Impedanz	Steckertyp	Für männliche Testanschlüsse	Für weibliche Testanschlüsse
HP 85032E	50 Ω	Type-N		✓
HP 85032B	50 Ω	Type-N	✓	✓
HP 85036E	75 Ω	Type-N		✓
HP 85036B	75 Ω	Type-N	✓	✓
HP 85033D	50 Ω	3.5-mm	✓	✓
HP 85039B	75 Ω	Type-F	✓	✓
HP 85031B	50 Ω	APC-7	–	–

HINWEIS Die Angaben zum Geschlecht der Steckverbindungen von Kalibrier-Kits beziehen sich stets auf den *Analysator-Anschluß*, an den sie anzuschließen sind. Das standardmäßige “Kalibrier-Kit-Geschlecht” ist Type-N *weiblich*, weil die Frontplattenanschlüsse des Analysators weiblich sind. (Die Kalibriernormale besitzen hingegen männliche Steckverbindungen).

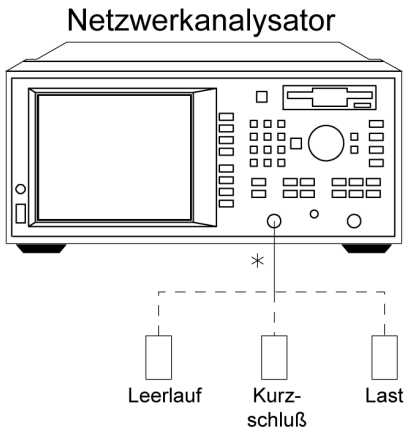
HINWEIS Wenn Sie andere Kalibriernormale als die standardmäßigen (Type-N weiblich) verwenden, müssen Sie ein Kalibrier-Kit wählen, das zu den Steckverbindern an der Referenzebene für die Kalibrierung paßt. Drücken Sie hierzu (CAL) **More Cal** **Cal Kit** und wählen Sie anschließend den passenden Typ.

Kalibrierung für einfügbare Bauteile

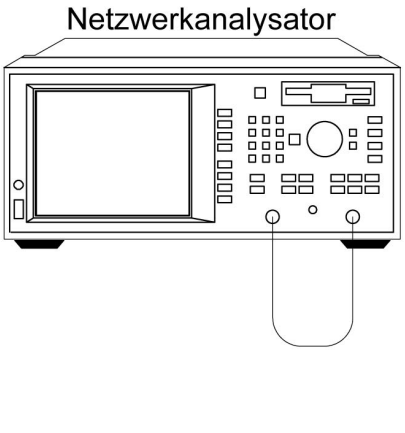
Bei der Durchführung einer Kalibrierung unter Verwendung eines Durchgangs-Kalibriernormals passen die Testanschlüsse normalerweise zueinander. Sie können beispielsweise zwei Kabel mit passenden Steckverbindern direkt (ohne Adapter) miteinander verbunden werden; in diesem Fall hat das Durchgang-Kalibriernormal die elektrische Länge Null. Ein einfügbares Bauteil im Sinne dieses Handbuchs ist ein Bauteil, das anstelle eines Durchgang-Kalibriernormals mit der elektrischen Länge Null in den Signalpfad eingefügt werden kann. Es besitzt an beiden Anschlüssen den gleichen Steckverbindertyp, aber mit jeweils unterschiedlichem Geschlecht, oder an beiden Anschlüssen den gleichen geschlechtslosen Steckverbindertyp (beispielsweise APC-7).

Kapitel 5 beschreibt ausführlich, wann eine benutzerdefinierte Kalibrierung erforderlich ist und, enthält Informationen über andere Kalibrierverfahren für S_{21}-Messungen. Wenn Sie eine erweiterte Frequenzgangkalibrierung für eine S_{21}-Messung durchführen möchten, gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Drücken Sie (CAL) **User Response** **Enhanced Response** .
2. Sie werden aufgefordert, nacheinander vier verschiedene Kalibriernormale anzuschließen (siehe nachfolgende Abbildung).



Leerlauf-, Kurzschluß- und Lastnormale



Direkte Kabelverbindung

3. Drücken Sie nach dem Anschließen eines Kalibriernormals jeweils den Softkey **Measure Standard** .
4. Der Analysator führt jeweils eine Referenzmessung durch und berechnet dann die neuen Kalibrierfaktoren. Nach der Berechnung der neuen Kalibrierfaktoren wird einige Sekunden lang der Hinweis "`Calibration complete.` angezeigt.

HINWEIS Eine anschließende Änderung des Wobbelbereichs (oder anderer Signalquellen-Parameter) kann die Kalibrierung ungültig werden lassen. Weitere Informationen hierzu finden Sie in Kapitel 5.

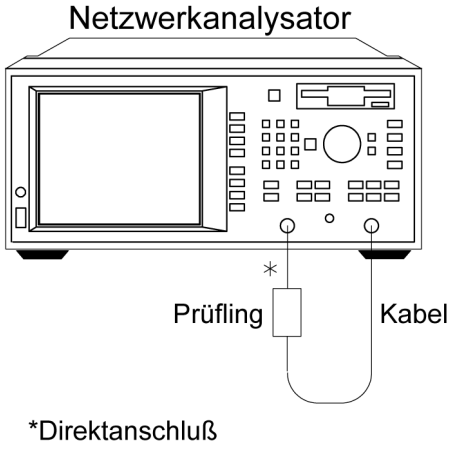
Kalibrierung für nicht-einfügbare Bauteile

Ein nicht-einfügbares Bauteil im Sinne dieses Handbuchs ist ein Bauteil, das nicht anstelle eines Durchgang-Kalibriernormals mit der elektrischen Länge Null in den Signalpfad eingefügt werden kann. Es besitzt an beiden Anschlüssen den gleichen Steckverbindertyp mit dem gleichen Geschlecht, oder unterschiedliche Steckverbindertypen (beispielsweise an einem Anschluß SMA und am anderen Anschluß

Type-N). Zur Erinnerung: Im vorigen Abschnitt “S-Parameter-Messungen mit Zwei-Tor-Kalibrierung” wurden zwei Kalibrierverfahren für nicht-einfügbare Bauteile beschrieben. Bei beiden Verfahren müssen Sie im Kalibrier-Menü **Enhanced Response** statt **User 2-Port** wählen.

Anschluß des Prüflings

Abbildung 2-13 Meßanordnung für eine S_{21}-Messung



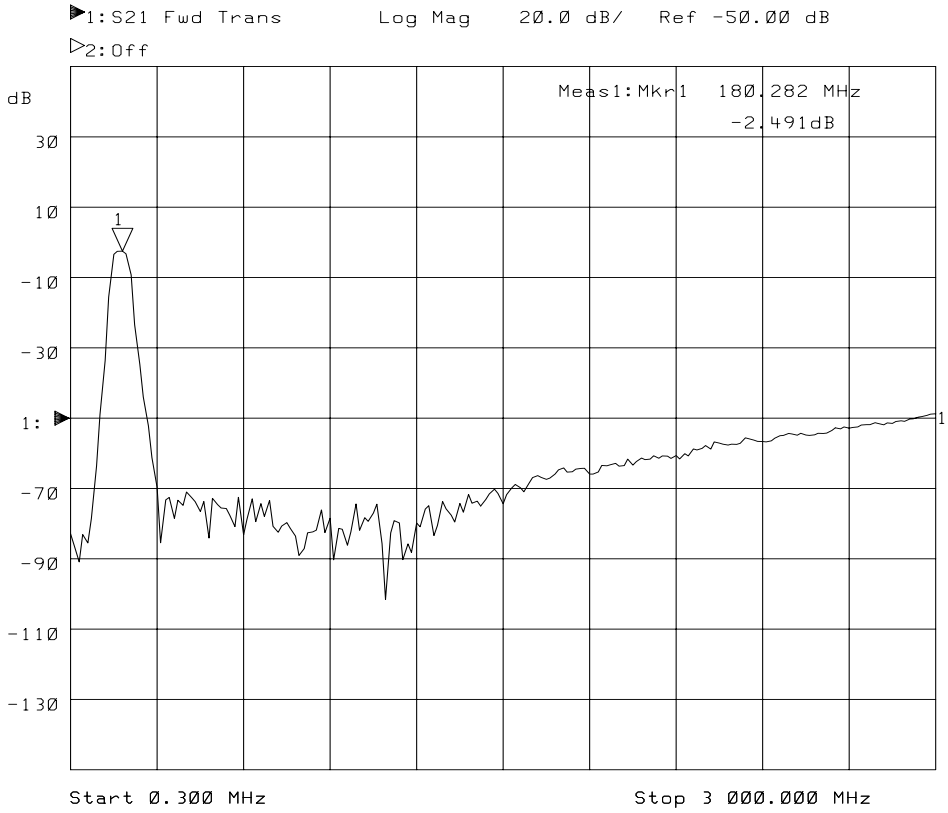
Darstellung und Interpretation der S21-Meßergebnisse

1. Drücken Sie folgende Tasten, damit die gesamte Meßkurve dargestellt wird, SCALE **Autoscale** .
2. Die nachfolgende Interpretation der Meßergebnisse bezieht sich auf Abbildung 2-14, “Typisches Ergebnis einer S_{21}-Messung”. Wenn Sie die Messung an Ihrem Analysator nachvollziehen, interpretieren Sie die auf dem Bildschirm dargestellte Meßkurve!
   a. Die X-Werte entsprechen der Frequenz in MHz. Die Y-Werte entsprechen dem Verhältnis (in dB) der transmittierten Signalleistung zur einfallenden Signalleistung. Die Skalierung ist in diesem Fall logarithmisch (was an dem Hinweis "Log Mag" am oberen Bildschirmrand zu erkennen ist). Die Meßkurve wird punktweise nach folgender Gleichung berechnet:

$$Transmission(dB) = 10 \log\left(\frac{P_{trans}}{P_{einf}}\right)$$

   wobei P_{trans} = transmittierte Leistung und P_{einf} = einfallende Leistung.
   b. Ein Wert von 0 dB bedeutet, daß der Prüfling das Meßsignal weder verstärkt noch abschwächt; ein ideales Durchgangskabel würde beispielsweise diese Eigenschaft aufweisen. Werte größer als 0 dB bedeuten, daß der Prüfling das Signal verstärkt. Werte von weniger als 0 dB bedeuten, daß der Prüfling das Signal abschwächt.
3. Um schnell die minimale Einfügedämpfung des Filters zu bestimmen, drücken Sie MARKER **Marker Search** **Max Search** **Mkr –> Max** .
4. Die Marke befindet sich jetzt auf dem Punkt minimaler Einfügedämpfung, und die Frequenz und Amplitude dieses Punktes werden im Markenfeld angezeigt (siehe Abbildung 2-14).

Abbildung 2-14 Typisches Ergebnis einer S_{21}-Messung



5. Ausführliche Informationen über die Auswertung von Messungen mit Hilfe der Marken finden Sie unter "Markenfunktionen" in Kapitel 3.

HINWEIS

Die Meßergebnisse sind nur dann gültig, wenn die Eingangssignalpegel innerhalb des Dynamikbereichs des Analysators liegen. In Kapitel 4 "Optimieren von Messungen", wird beschrieben, wie Sie den Dynamikbereich des Analysators vergrößern können.

S_{11} Reflexionsmessung an Port 1 mit Ein-Tor-Kalibrierung

Das folgende Beispiel beschreibt die Durchführung einer Kalibrierung für eine S_{11}-Messung und einer solchen Messung. Die gleichen allgemeinen Konzepte gelten auch für eine S_{22}-Messung. In diesem Beispiel wird mit einer Ein-Tor-Reflexionskalibrierung gearbeitet; Sie können jedoch auch mit einer Zwei-Tor-Kalibrierung (siehe weiter oben in diesem Kapitel) arbeiten. Die Zwei-Tor-Kalibrierung ist das genaueste Kalibrierverfahren, verlangsamt allerdings die Wobbelgeschwindigkeit. Die für S_{11}- oder S_{22}-Messungen verfügbaren Kalibrierverfahren sind aus der nachstehenden Tabelle ersichtlich.

TIP Die größtmögliche Meßgenauigkeit erzielen Sie nur bei optimaler Kalibrierung. In Kapitel 5 “Verbessern der Meßgenauigkeit durch Kalibrierung”, finden Sie ausführliche Informationen über alle Aspekte der Kalibrierung.

Tabelle 2-4 Kalibrierverfahren für S_{11}- und S_{22}-Messungen

Meßfunktion	Verfügbare Kalibrierverfahren
S_{11} Refl Port 1 *oder* S_{22} Refl Port 2	“Default 1-Port” “Default 2-Port” “User 1-Port” “User 2-Port”

Das Beispiel bezieht sich auf das mit dem Analysator gelieferte Bandpaßfilter.

Eingabe der Meßparameter

Drücken Sie folgende Tasten:

PRESET

MEAS 1

S11 Refl Port1

HINWEIS

In diesem Beispiel werden die standardmäßigen Meßparameter für S_{11}-Messungen verwendet. Falls Ihre Anwendung eine davon abweichende Einstellung erfordert, geben Sie jetzt die gewünschten Meßparameter (Frequenzbereich, Signalpegel, Anzahl der Meßpunkte, Wobbelzeit usw.) ein.

Durchführung einer benutzerdefinierten Ein-Tor-Kalibrierung

Nachfolgend wird beschrieben, wie eine Ein-Tor-Reflexionskalibrierung durchgeführt wird. Bei einer Ein-Tor-Reflexionkalibrierung werden die Richtverhältnis-, Quellenanpassungs- und Frequenzgangfehler in der Betriebsart Schmalband-Detektor mittels einer Referenzmessung (unter Verwendung präziser Kalibriernormale) ermittelt und anschließend rechnerisch korrigiert. Die Korrektur betrifft sämtliche Meßpunkte in dem gewählten Frequenzband. Die Anzahl der Meßpunkte beträgt standardmäßig 201, kann jedoch auf einen beliebigen Wert zwischen 3 und 1601 abgeändert werden. Wenn Sie nach der Kalibrierung einen kleineren Frequenzbereich wählen, werden die Kalibrierdaten für die “fehlenden” Meßpunkte durch Interpolation berechnet. Wenn Sie einen größeren Frequenzbereich wählen, wird die Kalibrierung ungültig, und es wird die standardmäßige Ein-Tor-Kalibrierung wiederhergestellt.

Zur Durchführung einer Ein-Tor-Kalibrierung benötigen Sie (je nach Systemimpedanz Ihres Analysators) eines der folgenden Kalibrier-Kits:

Kalibrier-Kit-Modell	Impedanz	Steckertyp	Für männliche Testanschlüsse	Für weibliche Testanschlüsse
HP 85032E	**50 Ω**	**Type-N**		✓
HP 85032B	**50 Ω**	**Type-N**	✓	✓
HP 85036E	**75 Ω**	**Type-N**		✓
HP 85036B	**75 Ω**	**Type-N**	✓	✓
HP 85033D	**50 Ω**	**3.5-mm**	✓	✓
HP 85039B	**75 Ω**	**Type-F**	✓	✓
HP 85031B	**50 Ω**	**APC-7**	–	–

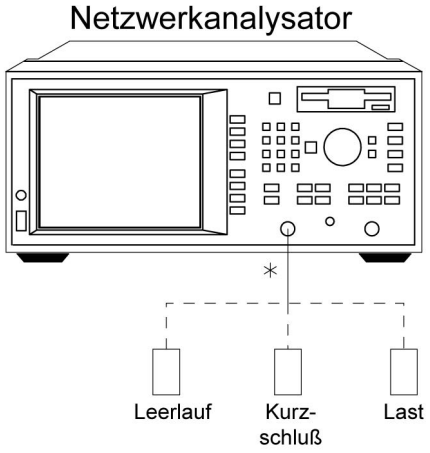
HINWEIS Die Angaben zum Geschlecht der Steckverbindungen von Kalibrier-Kits beziehen sich stets auf den *Analysator-Anschluß*, an den sie anzuschließen sind. Das standardmäßige "Kalibrier-Kit-Geschlecht" ist Type-N *weiblich*, weil die Frontplattenanschlüsse des Analysators weiblich sind. (Die Kalibriernormale besitzen hingegen männliche Steckverbindungen).

HINWEIS Wenn Sie andere Kalibriernormale als die standardmäßigen (Type-N weiblich) verwenden, müssen Sie ein Kalibrier-Kit wählen, das zu den Steckverbindern an der Referenzebene für die Kalibrierung paßt. Drücken Sie hierzu CAL **More Cal** **Cal Kit** und wählen Sie anschließend den betreffenden Typ.

Kapitel 5 beschreibt ausführlich, wann eine solche Kalibrierung erforderlich ist und, enthält Informationen über andere Kalibrierverfahren für S_{11}-Messungen. Wenn Sie eine Ein-Tor-Kalibrierung für eine S_{11}-Messung durchführen möchten, gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Drücken Sie CAL **User 1-Port** .
2. Sie werden aufgefordert, nacheinander drei Kalibriernormale (Leerlauf-, Kurzschluß- und Lastnormal) an den Port 1 anzuschließen (siehe Abbildung 2-15).

Abbildung 2-15 Leerlauf-, Kurzschluß- und Lastnormale



pp65es *Direktanschluß

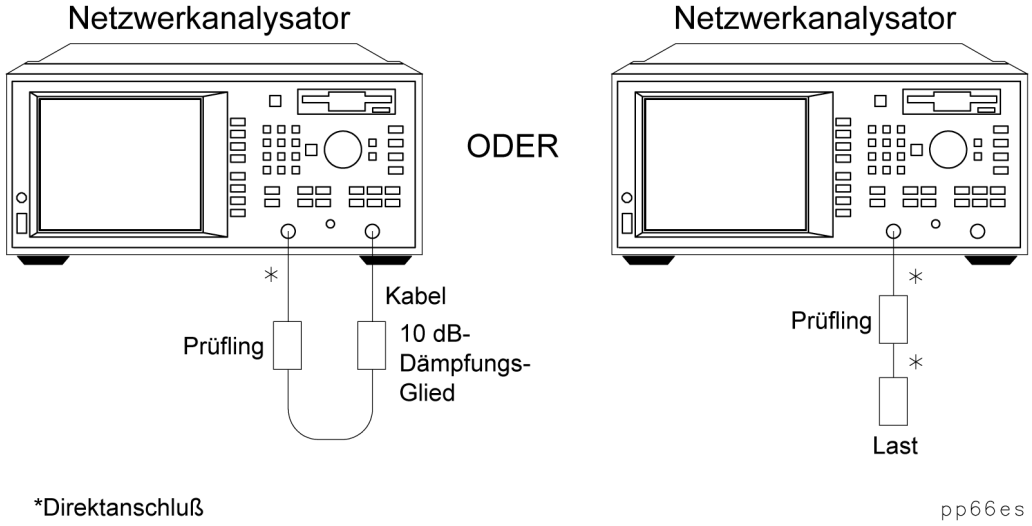
3. Drücken Sie nach dem Anschließen eines Kalibriernormals jeweils den Softkey **Measure Standard** .

4. Der Analysator führt jeweils eine Referenzmessung durch und berechnet dann die neuen Kalibrierfaktoren. Nach der Berechnung der neuen Kalibrierfaktoren wird einige Sekunden lang der Hinweis "`Calibration complete.`" angezeigt.

HINWEIS Eine anschließende Änderung des Wobbelbereichs (oder anderer Signalquellen-Parameter) kann die Kalibrierung ungültig werden lassen. Weitere Informationen hierzu finden Sie in Kapitel 5.

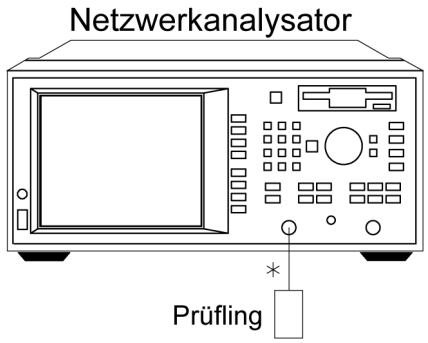
Anschluß des Prüflings

Abbildung 2-16 Meßanordnung für eine S_{11}-Messung an einem Zwei-Tor-Bauteil



HINWEIS Wenn Sie ein Zwei-Tor-Bauteil beidseitig an den Analysator anschließen, sollten Sie zur Reduktion des Anpassungsfehlers am Ausgang des Prüflings ein 10 dB-Dämpfungsglied zwischenschalten. Wenn Sie ein Zwei-Tor-Bauteil nur an einen Analysator-Anschluß anschließen, sollten Sie den anderen Anschluß des Prüflings mit einer hochwertigen Last (beispielsweise einem Kalibriernormal) abschließen.

Abbildung 2-17 Meßanordnung für eine S_{11}-Messung an einem Ein-Tor-Bauteil



*Direktanschluß

pp67es

Darstellung und Interpretation der S11-Meßergebnisse

1. Drücken Sie folgende Tasten, damit die gesamte Meßkurve auf dem Bildschirm dargestellt wird: SCALE **Autoscale** .
2. Die nachfolgende Interpretation der Meßergebnisse bezieht sich auf Abbildung 2-18, “Typisches Ergebnis einer S11-Messung”. Wenn Sie die Messung an Ihrem Analysator nachvollziehen, interpretieren Sie die auf dem Bildschirm dargestellte Meßkurve!

   a. Die X-Werte entsprechen der Frequenz in MHz. Die Y-Werte entsprechen dem Verhältnis (in dB) der reflektierten Signalleistung zur einfallenden Signalleistung. Die Skalierung ist in diesem Fall logarithmisch (was an dem Hinweis "Log Mag" am oberen Bildschirmrand zu erkennen ist). Die Meßkurve wird punktweise nach folgender Gleichung berechnet:

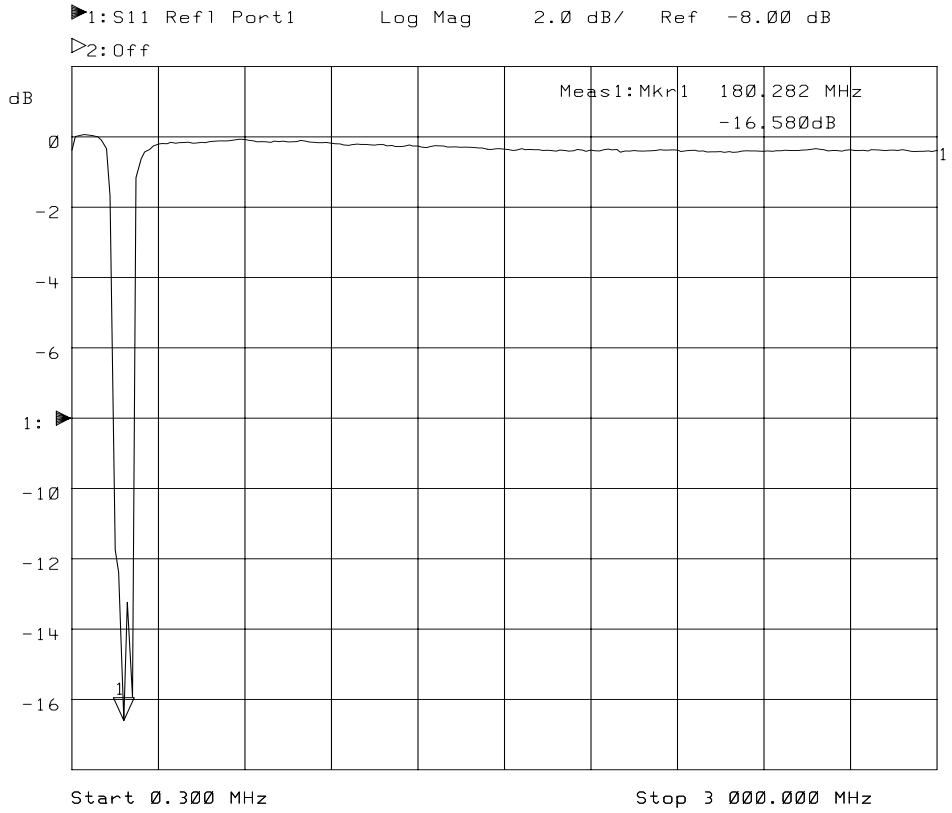
$$Reflexion(dB) = 10 \log\left(\frac{P_{refl}}{P_{einf}}\right)$$

   wobei P_{refl} = reflektierte Leistung und P_{einf} = einfallende Leistung.

   b. Ein Wert von 0 dB bedeutet, daß die gesamte einfallende Signalleistung vom Prüfling zurückreflektiert wird und kein Leistungsanteil vom Prüfling durchgelassen oder absorbiert wird.

   c. Werte kleiner als 0 dB bedeuten, daß ein Teil der Signalleistung entweder vom Prüfling absorbiert oder transmittiert wird. Werte größer als 0 dB treten nur in Ausnahmefällen auf, beispielsweise wenn der Analysator nicht optimal kalibriert ist, oder wenn es sich beim Prüfling um ein aktives Bauteil (beispielsweise einen Verstärker) handelt, das schwingt.

Abbildung 2-18 Typisches Ergebnis einer S_{11}-Messung



3. Um schnell die Rückflußdämpfung des Filters zu bestimmen, drücken Sie (MARKER), markieren Sie mit Hilfe des Drehknopfs oder der Tasten (↑) (↓) oder der Zifferntastatur die interessierende Frequenz, und lesen Sie den Rückflußdämpfungswert ab.
4. Ausführliche Informationen über die Auswertung von Messungen mit Hilfe der Marken finden Sie unter "Markenfunktionen" in Kapitel 3.

Breitbandige Pegelmessung

Für Pegelmessungen stehen zwei Detektorbetriebsarten zur Auswahl: Schmalband oder Breitband. Dieses Beispiel beschreibt eine Pegelmessung mit Breitband-Detektion. Wenn Sie sich lediglich für den Ausgangspegel des Prüflings bei der Frequenz interessieren, auf welche die analysatorinterne Signalquelle abgestimmt ist, konfigurieren Sie den Analysator für eine schmalbandige Messung: (MEAS 1) **Detection Options** **Narrowband Internal** **B** . Bei einer schmalbandigen Pegelmessung wird nur die innerhalb der Empfängerbandbreite liegende Leistung gemessen. Die Mittenfrequenz der Empfängerbandbreite ist gleich der Ausgangsfrequenz der Signalquelle.

Bei einer Gesamtpegelmessung in der Betriebsart Breitband-Detektion wird der Gesamtpegel sämtlicher spektraler Komponenten des transmittierten Signals (B*) gemessen. Bei aktiven Bauteilen (beispielsweise einem Mischer) kann dieses Signal außer der Signalquellen-Frequenz auch noch weitere Frequenzen enthalten.

Dieser Abschnitt erläutert an einem Meßbeispiel, wie die Meßkurve normiert und der Gesamt-Ausgangspegel eines Verstärkers gemessen wird.

HINWEIS Beachten Sie, daß breitbandige Pegelmessungen nur für Start-Frequenzen ≥10 MHz spezifiziert sind.

Eingabe der Meßparameter

Drücken Sie folgende Tasten:

(PRESET)

(MEAS 1)

More **Power**

HINWEIS Die hier als Beispiel beschriebene Messung wird in der standardmäßigen Einstellung für Pegelmessungen durchgeführt. Falls Ihre Anwendung eine davon abweichende Einstellung erfordert, geben Sie jetzt die gewünschten Meßparameter (Signalpegel, Anzahl der Meßpunkte, Wobbelzeit usw.) ein.

VORSICHT

Der Analysator kann beschädigt werden, wenn der Signalpegel am Empfängereingang +26 dBm oder ±30 Vdc überschreitet. Der Ausgangspegel der analysatorinternen Signalquelle kann diesen Grenzwert nicht überschreiten. Bei Messungen an einem Verstärker kann es jedoch erforderlich sein, dem Empfängereingang des Analysators ein Dämpfungsglied vorzuschalten. Weitere Informationen hierzu finden Sie unter "Wann ist ein Abschwächer oder Verstärker zu verwenden?" weiter oben in diesem Kapitel.

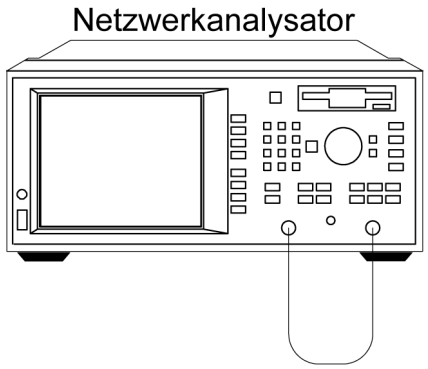
Durchführung einer Normierungskalibrierung

Normierung ist die einfachste Form der Kalibrierung: Dabei werden die intern gespeicherten Ergebnisse einer Referenzmessung von den aktuellen Meßergebnissen subtrahiert (bei logarithmischer Darstellung), bzw. die aktuellen Meßergebnisse werden durch die intern gespeicherten Referenzmeßdaten dividiert (bei linearer Darstellung). Auf diese Weise werden Frequenzgangfehler korrigiert. Bei der hier beschriebenen Leistungsmessung wird eine solche Normierungskalibrierung angewandt, um die Einfügedämpfung des Meßkabels rechnerisch zu eliminieren. Wenn Sie nach einer Normierungskalibrierung die Wobbelbandbreite oder die Anzahl der Meßpunkte verändern, wird die Kalibrierung ungültig.

Eine Normierungskalibrierung wird folgendermaßen durchgeführt:

1. Verkabeln Sie die Geräte gemäß Abbildung 2-19.

Abbildung 2-19 Durchgangskabelverbindung



2. Geben Sie folgende Frequenzparameter ein:

   FREQ

   Start 10 **MHz**

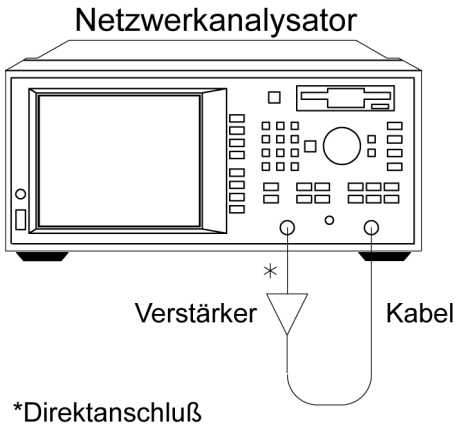
3. Drücken Sie DISPLAY **Normalize** oder CAL **Normalize on OFF** .

   Die Meßdaten werden daraufhin intern abgespeichert. Zur Korrektur des Frequenzgangfehlers werden die anschließend erfaßten Meßdaten durch die internen gespeicherten Referenzmeßdaten dividiert.

4. Schließen Sie den Verstärker gemäß Abbildung 2-20 an.

Anschluß des Prüflings

Abbildung 2-20 Meßanordnung für eine Pegelmessung



Darstellung und Interpretation der Ergebnisse der Pegelmessung

1. Drücken Sie folgende Tasten, damit die gesamte Meßkurve dargestellt wird, SCALE **Autoscale** .
2. Die nachfolgende Interpretation der Meßergebnisse bezieht sich auf Abbildung 2-21. Wenn Sie die Messung an Ihrem Analysator nachvollziehen, interpretieren Sie die auf dem Bildschirm dargestellte Meßkurve!

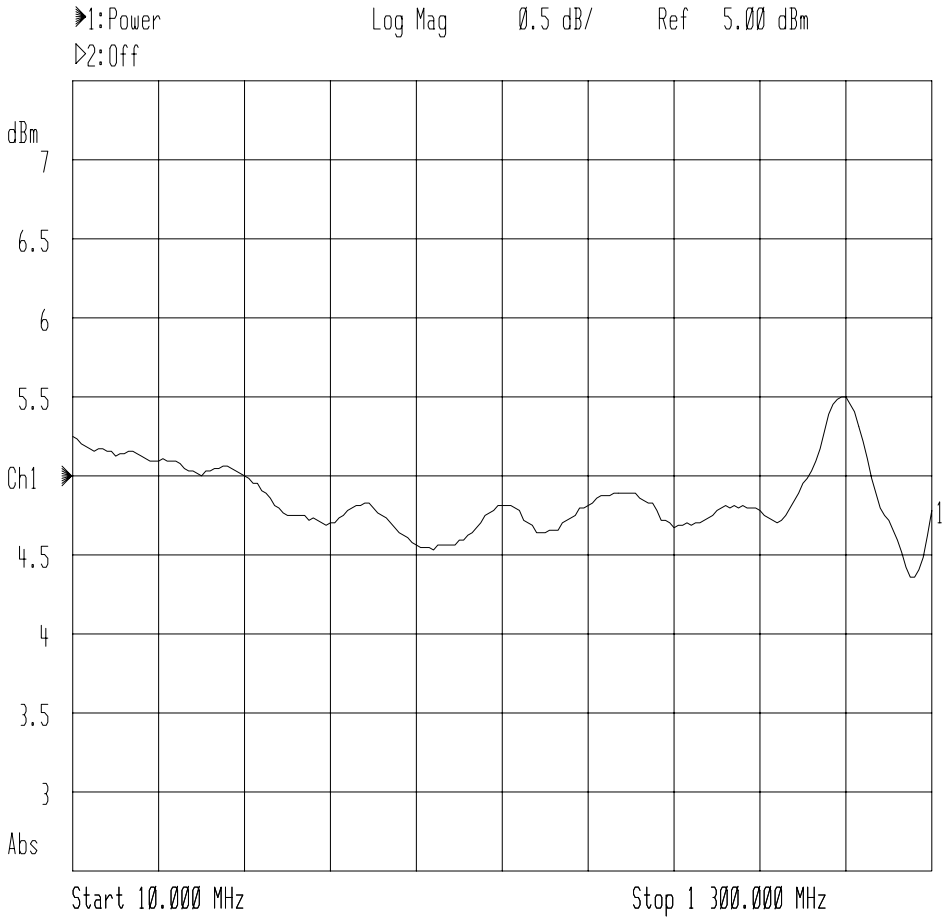
   a. Bei einer Pegelmessung wird auf dem Bildschirm der Pegel des am Analysatoreingang RF IN anliegenden Signals angezeigt. Es handelt sich um einen absoluten Pegel (bei logarithmischer Darstellung) bzw. eine absolute Leistung (bei linearer Darstellung) und nicht um eine Pegeldifferenz bzw. ein Leistungsverhältnis.

   b. Die standardmäßige Amplitudenmaßeinheit für Leistungsmessungen ist dBm (Pegel, bezogen auf 1 mW).

      - 0 dBm = 1 mW
      - –10 dBm = 100 µW
      - +10 dBm = 10 mW

      Alternativ können Sie eine der folgenden Maßeinheiten wählen: dBW, dBµW, W, mW oder µW.

Abbildung 2-21 Beispiel für eine Pegelmessung



VORSICHT

Wenn der HF-Ausgangspegel des Analysators auf einen Wert eingestellt wird, der oberhalb des spezifizierten maximalen Ausgangspegels liegt, ist der Ausgangspegel unter Umständen nicht mehr kalibriert. Wenn Ihre Meßaufgabe einen oberhalb des spezifizierten maximalen Analysator-Ausgangspegels liegenden Signalpegel erfordert, benötigen Sie einen externen Vorverstärker. Beachten Sie, daß der Signalpegel am Empfängereingang den Maximalwert +26 dBm keinesfalls überschreiten darf; bei Überschreitung dieses Grenzwertes kann der Empfänger beschädigt werden.

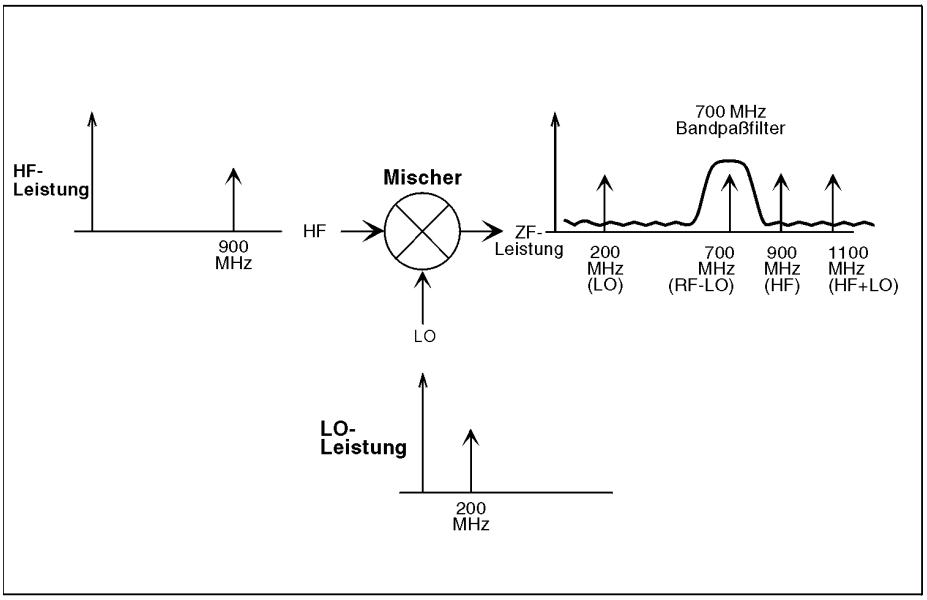
Mischdämpfungsmessung

Die Mischdämpfung ist die Pegeldifferenz (in dB) zwischen dem ZF-Ausgangssignal und dem HF-Eingangssignal eines Mischers. In diesem Abschnitt wird an einem Beispiel gezeigt, wie die Mischdämpfung eines breitbandigen Mischers gemessen wird.

Mischdämpfungsmessungen werden in der Betriebsart Breitband-Detektion durchgeführt, wobei das transmittierte Signal (B*) relativ zum Referenzsignal (R*) gemessen wird. Die Messung erfolgt deshalb in der Betriebsart Breitband-Detektion, weil bei einem Mischer die Eingangs- und die Ausgangsfrequenz in der Regel unterschiedlich sind. Da der Breitband-Detektor alle Signale, unabhängig von ihrer Frequenz, erfaßt, empfiehlt es sich, unerwünschte Signale wie z. B. LO-Übersprechen mit Hilfe eines geeigneten Filters zu unterdrücken.

Beispiel: Wenn ein 900 MHz-HF-Signal mit einem 200 MHz-LO-Signal gemischt wird, enthält das Mischer-Ausgangssignal Mischprodukte mit Frequenzen von 700 MHz und 1100 MHz sowie einen (mehr oder weniger starken) Anteil der ursprünglichen 900 MHz- und 200 MHz-Signale.

Abbildung 2-22 Unterdrückung unerwünschter Mischprodukte



po650b_c

Durch Einfügen eines 700 MHz-Bandpaßfilters in den Signalpfad können Sie die unerwünschten Signale (200 MHz, 900 MHz und 1100 MHz) unterdrücken, so daß der Pegel des erwünschten ZF-Signal (700 MHz) genau gemessen werden kann.

Im folgenden Beispiel wird die Mischdämpfung eines Mischers über ein 15 MHz breites Frequenzband mit 900 MHz Mittenfrequenz gemessen. Die LO-Frequenz beträgt 200 MHz. Die ZF-Frequenz variiert daher über ein 15 MHz breites Frequenzband mit einer Mittenfrequenz von 700 MHz.

Eingabe der Meßparameter

Drücken Sie folgende Tasten:

PRESET

MEAS 1

More **Conversion Loss**

HINWEIS

Die hier als Beispiel beschriebene Messung wird in der standardmäßigen Einstellung für Mischdämpfungsmessungen durchgeführt. Falls Ihre Meßaufgabe eine davon abweichende Einstellung erfordert, geben Sie jetzt die gewünschten Meßparameter (Signalpegel, Anzahl der Meßpunkte, Wobbelzeit usw.) ein.

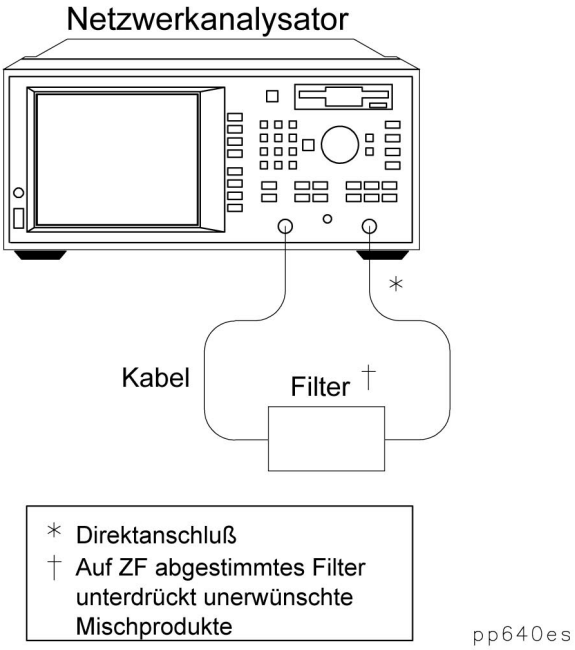
Durchführung einer Normierungskalibrierung

Normierung ist die einfachste Form der Kalibrierung: Dabei werden die intern gespeicherten Ergebnisse einer Referenzmessung von den aktuellen Meßergebnissen subtrahiert (bei logarithmischer Darstellung), bzw. die aktuellen Meßergebnisse werden durch die intern gespeicherten Referenzmeßdaten dividiert (bei linearer Darstellung). Auf diese Weise werden Frequenzgangfehler korrigiert. Im vorliegenden Fall werden durch diese Kalibrierung die Einfügedämpfung des ZF-Filters und der Meßkabel rechnerisch eliminiert. Wenn Sie nach einer Normierungskalibrierung die Wobbelbandbreite oder die Anzahl der Meßpunkte verändern, wird die Kalibrierung ungültig.

Eine Normierungskalibrierung wird folgendermaßen durchgeführt:

1. Verkabeln Sie die Geräte gemäß Abbildung 2-23.

Abbildung 2-23 Direkte Kabelverbindung



2. Geben Sie folgende Frequenzparameter ein:

   FREQ

   Center 700 **MHz**

   Span 15 **MHz**

   Der Analysator wird dadurch für eine Wobbelung über den Durchlaßbereich des ZF-Filters (700 MHz) konfiguriert.

3. Drücken Sie DISPLAY **Normalize** oder CAL **Normalize on OFF** .

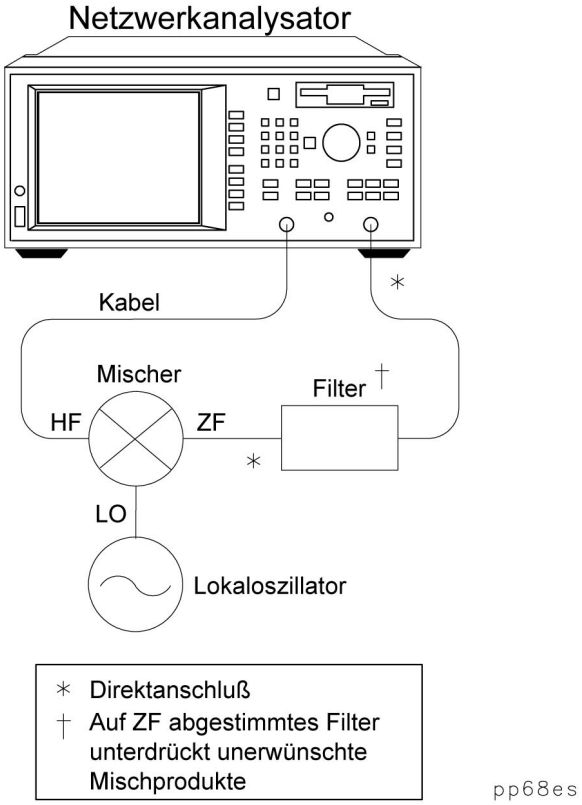
   Die Filterfrequenzgang-Meßdaten werden daraufhin intern abgespeichert, und die nachfolgenden Meßergebnisse werden relativ zu dieser Referenzmessung angezeigt, so daß der Filterfrequenzgang nicht mehr in Erscheinung tritt.

4. Schließen Sie den Mischer gemäß Abbildung 2-24 an.

5. Drücken Sie FREQ **Center** 900 **MHz** , um die Mittenfrequenz so abzuändern, daß das erwünschte Mischprodukt innerhalb des Filter-Durchlaßbereichs liegt.

Anschluß des Prüflings

Abbildung 2-24 Meßanordnung für Mischdämpfungsmessungen



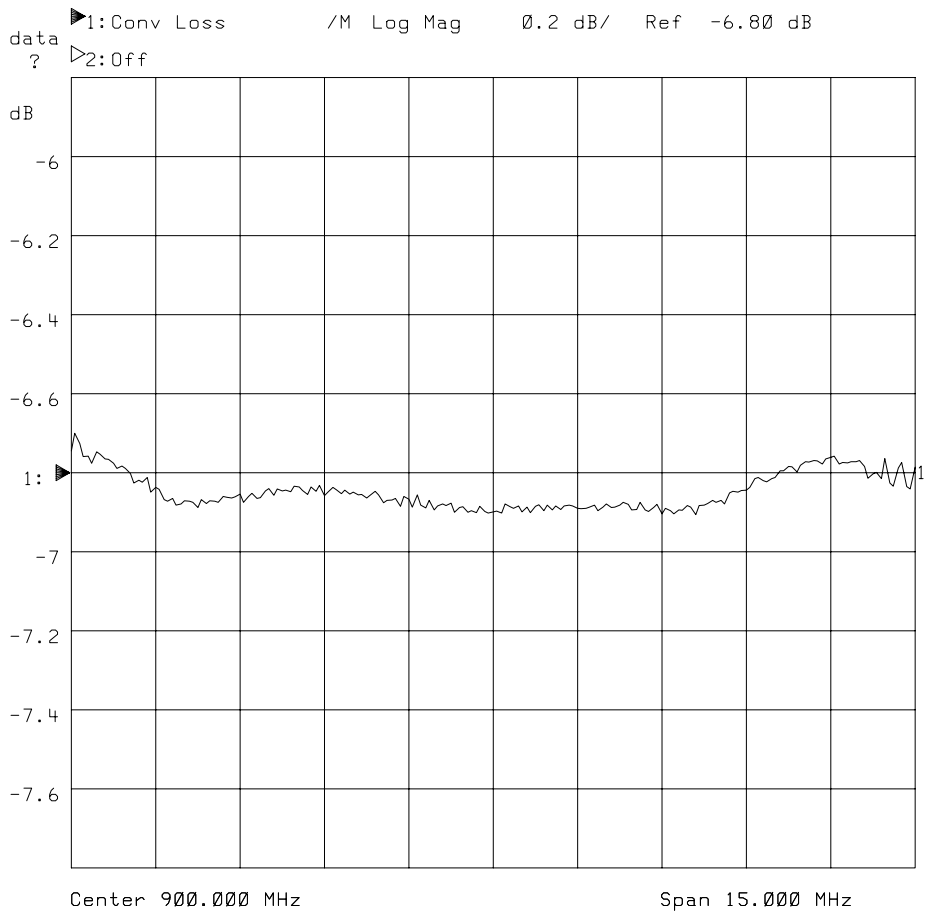
Darstellung und Interpretation der Mischdämpfungs-Meßergebnisse

1. Drücken Sie, falls erforderlich, folgende Tasten, damit die gesamte Meßkurve dargestellt wird, SCALE **Autoscale** .
2. Die nachfolgende Interpretation der Meßergebnisse bezieht sich auf Abbildung 2-25, “Beispiel für eine Mischdämpfungsmessung”,. Wenn Sie die Messung an Ihrem Analysator nachvollziehen, interpretieren Sie die auf dem Bildschirm dargestellte Meßkurve!
   a. Die X-Werte entsprechen der Ausgangsfrequenz der analysatorinternen Signalquelle. Die Y-Werte entsprechen dem Verhältnis (in dB) der transmittierten Signalleistung zur einfallenden Signalleistung. Die Skalierung ist in diesem Fall logarithmisch (was an dem Hinweis "Log Mag" am oberen Bildschirmrand zu erkennen ist). Die Meßkurve wird punktweise nach folgender Gleichung berechnet:

$$\text{Mischdämpfung}(dB) \;=\; 10\log\left(\frac{P_{trans}}{P_{einf}}\right)$$

   wobei P_{trans} = Leistung am ZF-Ausgang des Mischers und P_{einf} = einfallende Leistung am HF-Eingang.
   b. Ein Wert von 0 dB bedeutet, daß der Prüfling das Meßsignal weder verstärkt noch abschwächt. Werte größer als 0 dB bedeuten, daß der Mischer das Signal verstärkt. Werte von weniger als 0 dB bedeuten, daß der Mischer das Signal abschwächt.
3. Wenn Sie möchten, können Sie die minimale Mischdämpfung schnell und einfach bestimmen, indem Sie folgende Tasten drücken: MARKER **Marker Search** **Max Search** **Mkr –> Max** .

Abbildung 2-25 Beispiel für eine Mischdämpfungsmessung



HINWEIS

Die Meßergebnisse sind nur dann gültig, wenn die Eingangssignalpegel innerhalb des Dynamikbereichs des Analysators liegen. In Kapitel 4 wird beschrieben, wie Sie den Dynamikbereich des Analysators vergrößern können.

Messungen über den Hilfseingang

Der Hilfseingang (AUX INPUT) befindet sich auf der Rückwand des Analysators. Dieser Eingang dient zur Überwachung von DC-Steuersignalen für externe Geräte, die in Verbindung mit dem Analysator verwendet werden. Typische Beispiele hierfür sind ein Verstärker mit veränderlicher DC-Vorspannung oder ein spannungsgesteuerter Oszillator (VCO).

Es wird davon *abgeraten*, den AUX INPUT als Oszilloskop-Eingang zu verwenden, und zwar aus folgenden Gründen: Dieser Eingang wird – unabhängig von der Wobbelgeschwindigkeit, Bandbreite oder Anzahl der Meßpunkte – nur einmal pro Meßpunkt abgetastet; daher können die Abtastwerte in Richtung der X-Achse unterschiedliche Abstände aufweisen, es sei denn, der Analysator befindet sich in der Betriebsart CW.

Die Abtastrate für den Eingang AUX INPUT ist vom aktuellen Betriebszustand des Analysators und von der Wobbelzeit abhängig. In der Betriebsart CW und bei schnellstmöglicher Wobbelung (**Sweep Time** AUTO) ist die Systembandbreite der dominierende Faktor für dieses Timing. Bei den Systembandbreiten-Einstellungen “Wide”, “Medium”, “Narrow” bzw. “Fine” wird der Eingang in Abständen von etwa 0,2; 0,6; 7,2 bzw. 70 ms abgetastet. Diesen Effekt müssen Sie berücksichtigen, wenn Sie versuchen, Signale darzustellen, die nicht mit dem Wobbelrampensignal korrelieren. Bei hohen Anforderungen an die Meßgenauigkeit sollte die Slew-Rate des am Eingang AUX INPUT anliegenden Signal unter 700 Volt pro Sekunde liegen.

Auch wenn davon abgeraten wird, den Eingang AUX INPUT als Oszilloskop-Eingang zu verwenden, können Sie dennoch sinusförmige Signale mit Frequenzen bis zu etwa 400 Hz mit ausreichender Genauigkeit darstellen, wenn Sie die Betriebsart CW und die Systembandbreite Wide wählen.

Charakteristiken des Eingangs AUX INPUT

Nennimpedanz	10 kΩ
Genauigkeit	± (3% der angezeigten Signalspannung + 20 mV)
Kalibrierter Bereich	±10 V
Nutzbarer Bereich	±15 V
Nutzbarer Eingangs-spannungsbereich	±15 V
Zulässige Eingangs-spannung	±15.1 V

Gruppenlaufzeit

Die Phasenlinearität von HF-Bauteilen wird oftmals als Gruppenlaufzeit spezifiziert. Dies gilt besonders für Bauteile, die in Kommunikationsprodukten und ähnlichen Systemen eingesetzt werden, die kritisch auf Phasenverzerrungen reagieren.

Die Gruppenlaufzeit ist ein Maß für die Signallaufzeit in Abhängigkeit von der Frequenz. Es handelt sich um einen Differentialquotienten, der sich durch folgenden Differenzquotienten approximieren läßt:

$$\frac{-\Delta\phi}{(\Delta f)(360)}$$

wobei Δf die Differenz zwischen zwei nahe benachbarten Frequenzen bezeichnet und $\Delta\phi$ die "zugehörige" Phasendifferenz. Die Größe Δf wird üblicherweise als Apertur bezeichnet. Die minimale Apertur ist gleich der Wobbelbandbreite des Analysators dividiert durch die Anzahl der Meßpunkte minus eins; sie kann wahlweise als Frequenzwert oder als Prozent der Wobbelbandbreite eingegeben werden. Damit die Gruppenlaufzeit präzise gemessen werden kann, muß die Phasendifferenz bei einer gegebenen Apertur weniger als 180 Grad betragen, so daß folgende Bedingung erfüllt ist:

$$\text{Wobbelbandbreite} < \frac{\text{Anzahl der Meßpunkte} - 1}{2(\text{ungef. DUT Verzögerung})}$$

Wenn diese Bedingung nicht erfüllt ist, erhalten Sie wegen Unterabtastung der Phasendifferenzwerte ungültige Meßergebnisse.

In diesem Abschnitt wird anhand eines Meßbeispiels gezeigt, wie der Analysator für eine einfache Gruppenlaufzeitmessung kalibriert wird und wie eine solche Messung durchgeführt wird. Das Beispiel bezieht sich auf eine S_{21}-Messung; die gleichen Konzepte sind jedoch auch auf eine S_{12}-Messung anwendbar.In diesem Beispiel wird mit einer erweiterten Zwei-Tor-Kalibrierung gearbeitet; Sie können jedoch auch andere Kalibrierverfahren anwenden. Beispielsweise können Sie eine Frequenzgangkalibrierung anwenden. Eine Frequenzgangkalibrierung ist nicht ganz so genau wie eine Zwei-Tor-Kalibrierung, hat jedoch den Vorteil einer höheren Wobbelgeschwindigkeit. Das Beispiel bezieht sich auf das mit dem Analysator gelieferte Bandpaßfilter.

TIP Die größtmögliche Meßgenauigkeit erzielen Sie nur bei optimaler Kalibrierung. In Kapitel 5 “Verbessern der Meßgenauigkeit durch Kalibrierung”, finden Sie ausführliche Informationen über alle Aspekte der Kalibrierung.

HINWEIS Gruppenlaufzeitmessungen, die auf Phasenmessungen basieren, sind nicht auf frequenzumsetzende Baugruppen anwendbar.

Eingabe der Meßparameter

1. Drücken Sie folgende Tasten:
2. Drücken Sie folgende Tasten:

   PRESET

   MEAS 1

   S21 Fwd Trans

   FORMAT

   Delay

   FREQ **Center** 175 **MHz**

   Span 200 **MHz**
3. Wählen Sie einen geeigneten Aperturwert. Je kleiner Sie die Apertur wählen, desto höher ist die Auflösung und desto stärker das Rauschen. Je größer Sie die Apertur wählen, desto geringer ist die Auflösung und desto geringer das Rauschen. Der optimale Aperturwert ist von der jeweiligen Anwendung abhängig. Wählen Sie in diesem Fall einen Aperturwert von 4%:

   AVG

   Delay Aperture

   Aperture (%)

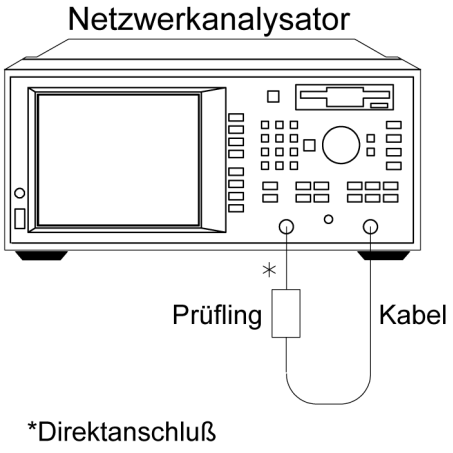
   4 **Enter**

Durchführung einer benutzerdefinierten Zwei-Tor-Kalibrierung

Beispiele für die Durchführung einer benutzerdefinierten Zwei-Tor-Kalibrierung finden Sie unter “S-Parameter-Messungen mit Zwei-Tor-Kalibrierung” weiter oben in diesem Kapitel.

Anschluß des Prüflings

Abbildung 2-26 Meßanordnung für Gruppenlaufzeitmessungen

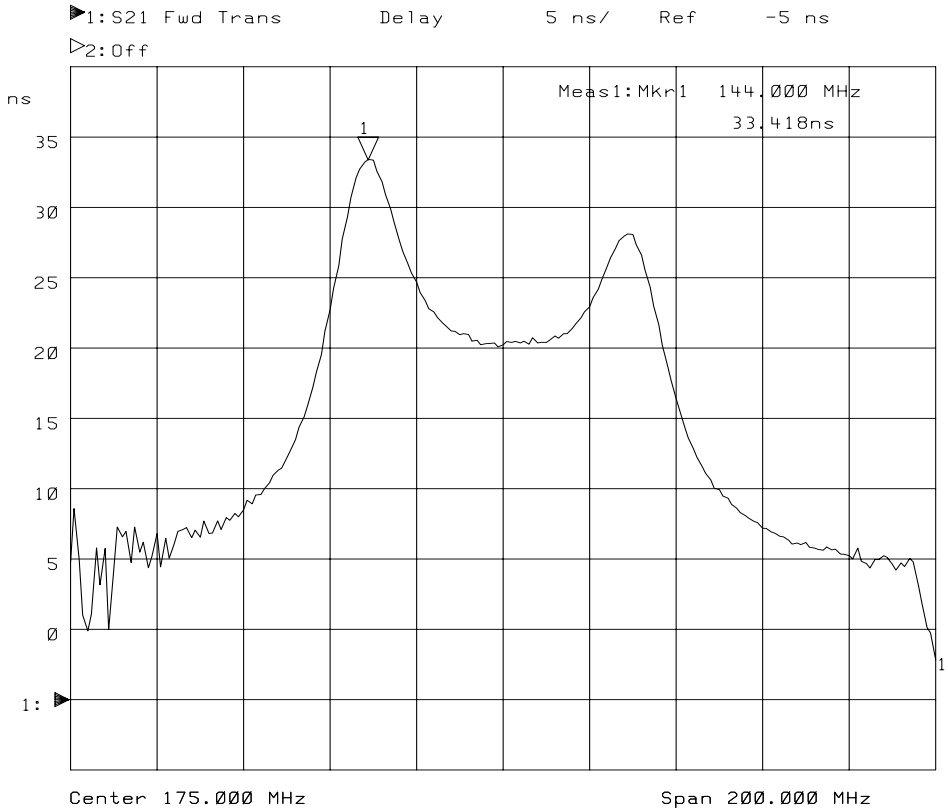


Darstellung und Interpretation der Gruppenlaufzeit-Meßergebnisse

1. Drücken Sie folgende Tasten, damit die gesamte Meßkurve dargestellt wird, SCALE **Autoscale** .
2. Die nachfolgende Interpretation der Meßergebnisse bezieht sich auf Abbildung 2-27, “Beispiel für eine Gruppenlaufzeitmessung”. Wenn Sie die Messung an Ihrem Analysator nachvollziehen, interpretieren Sie die auf dem Bildschirm dargestellte Meßkurve!
   a. Die Meßkurve zeigt die Zeit, die ein Signal mit der betreffenden Frequenz zum Durchlaufen des Prüflings benötigt.

3. Um schnell die maximale Verzögerung des Filters zu bestimmen, drücken Sie (MARKER) **Marker Search** **Max Search** **Mkr –> Max** .
4. Die Marke befindet sich jetzt auf dem Punkt maximaler Gruppenlaufzeit, und die Frequenz und Gruppenlaufzeit (in Nanosekunden) dieses Punktes werden im Markenfeld angezeigt (siehe Abbildung 2-27).

Abbildung 2-27 Beispiel für eine Gruppenlaufzeitmessung



5. Ausführliche Informationen über die Auswertung von Messungen mit Hilfe der Marken finden Sie unter “Markenfunktionen” in Kapitel 3.

HINWEIS In Kapitel 4 werden Rauschreduktionsverfahren beschrieben, die auch auf Gruppenlaufzeitmessungen anwendbar sind.

Impedanzmessung mit Darstellung als Smith-Diagramm

Der Anteil der von einem Bauteil reflektierten Leistung ist unmittelbar von dem Verhältnis der Impedanzen des Bauteils und des Meßsystems abhängig. So hat beispielsweise der komplexe Reflexionsfaktor Γ dann und nur dann den Wert 0, wenn das Bauteil und das Meßsystem beide exakt die gleiche Impedanz aufweisen. Jeder Wert für Γ entspricht einer ganz bestimmten Bauteilimpedanz.

Das Smith-Diagramm zeigt den Zusammenhang zwischen dem komplexen Reflexionsfaktor Γ und der Impedanz. Bei einem Smith-Diagramm ist die Komplexe-Impedanz-Ebene in ein zirkulares Gitterraster transformiert, aus dem sich der Serienwiderstand und die Reaktanz (R + jX) ablesen lassen. (Weitere Informationenen über Smith-Diagramme siehe Abbildung 2-30, “Interpretation des Smith-Diagramms”,). Mit Hilfe von Marken können Sie den Widerstand in Ohm und die Reaktanz (als äquivalente Kapazität oder Induktivität) für eine bestimmte Frequenz bestimmen.

Nachfolgend wird als Beispiel beschrieben, wie die Eingangsimpedanz eines einfügbaren Bandpaßfilters gemessen wird; wenn Sie das Beispiel an Ihrem Analysator nachvollziehen möchten, können Sie das mit dem Analysator gelieferte Filter verwenden. Das Beispiel bezieht sich auf eine S_{11}-Messung; die gleichen Konzepte sind jedoch auch auf eine S_{22}-Messung anwendbar.

TIP Die größtmögliche Meßgenauigkeit erzielen Sie nur bei optimaler Kalibrierung. In Kapitel 5 “Verbessern der Meßgenauigkeit durch Kalibrierung”, finden Sie ausführliche Informationen über alle Aspekte der Kalibrierung.

Eingabe der Meßparameter

Drücken Sie folgende Tasten:

PRESET
MEAS 1
S11 Refl Port1
FREQ **Center** 175 **MHz**
Span 200 **MHz**

HINWEIS In diesem Beispiel werden die standardmäßigen Meßparameter für S_{11}-Messungen verwendet. Falls Ihre Anwendung eine davon abweichende Einstellung erfordert, geben Sie jetzt die gewünschten Meßparameter (Frequenzbereich, Signalpegel, Anzahl der Meßpunkte, Wobbelzeit usw.) ein.

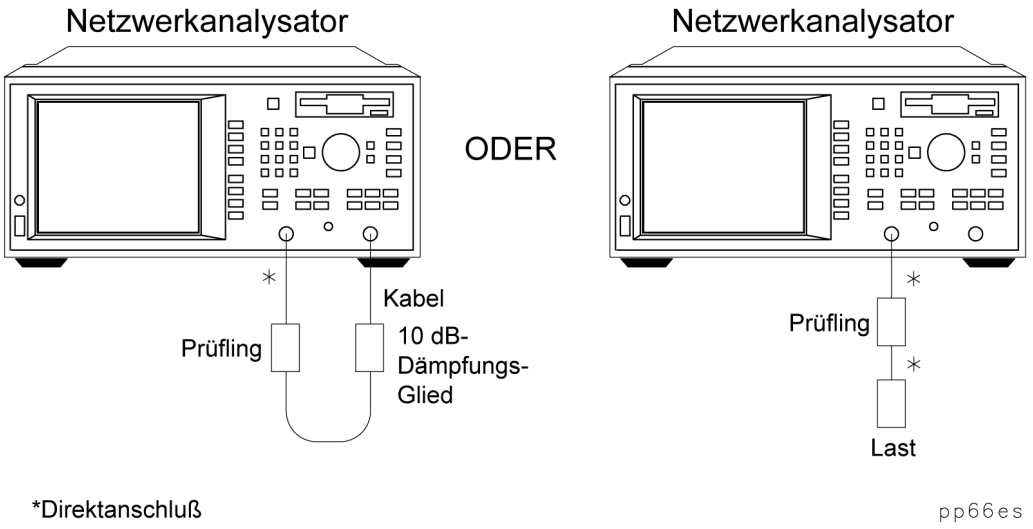
Durchführung einer benutzerdefinierten Zwei-Tor-Kalibrierung

Beispiele für die Durchführung einer benutzerdefinierten Zwei-Tor-Kalibrierung finden Sie unter “S-Parameter-Messungen mit Zwei-Tor-Kalibrierung” weiter oben in diesem Kapitel.

HINWEIS Falls Sie Messungen an einem Ein-Tor-Bauteil durchführen, finden Sie unter “Durchführung einer benutzerdefinierten Ein-Tor-Kalibrierung” weiter oben in diesem Kapitel ein Beispiel für die Durchführung einer Ein-Tor-Kalibrierung.

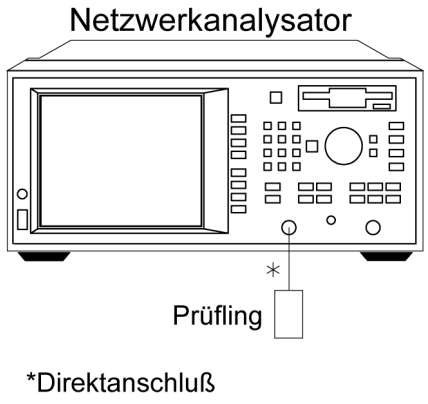
Anschluß des Prüflings

Abbildung 2-28 Meßanordnung für eine S_{11}-Messung an einem Zwei-Tor-Bauteil



HINWEIS Wenn Sie ein Zwei-Tor-Bauteil beidseitig an den Analysator anschließen, sollten Sie zur Reduktion des Anpassungsfehlers am Ausgang des Prüflings ein 10 dB-Dämpfungsglied zwischenschalten. Wenn Sie ein Zwei-Tor-Bauteil nur an einen Analysator-Anschluß anschließen, sollten Sie den anderen Anschluß des Prüflings mit einer hochwertigen Last (beispielsweise einem Kalibriernormal) abschließen.

Abbildung 2-29 Meßanordnung für eine S_{11}-Messung an einem Ein-Tor-Bauteil

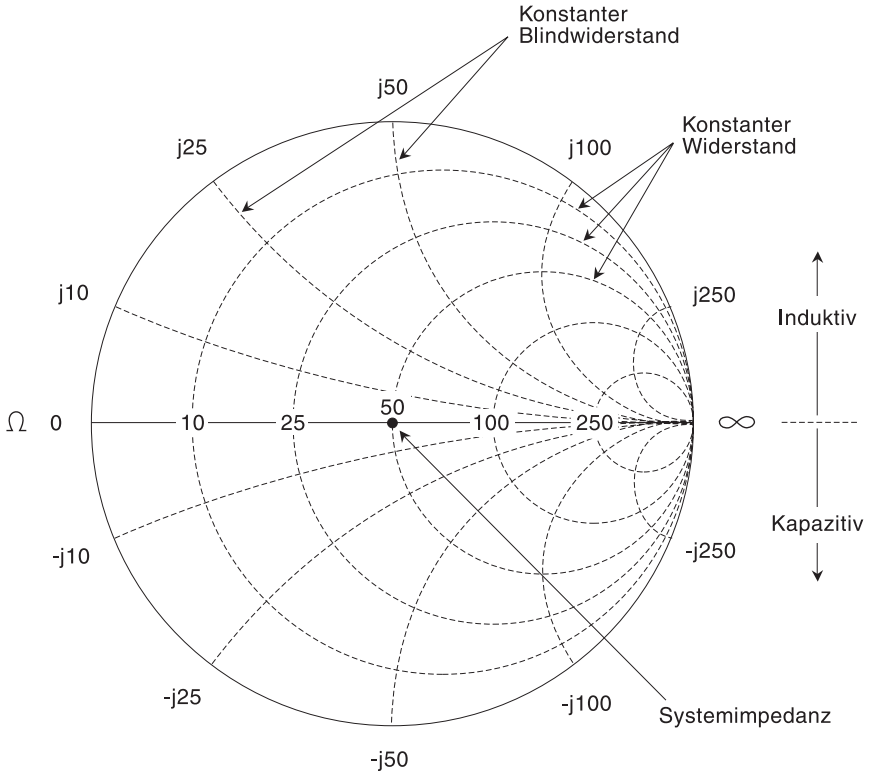


Darstellung und Interpretation der Impedanz-Meßergebnisse

1. Drücken Sie FORMAT **Smith Chart** .
2. Die nachfolgende Interpretation der Ergebnisse der Impedanzmessung bezieht sich auf Abbildung 2-30:
   a. Die horizontale Achse (durchgezogene Linie) repräsentiert den Realteil der Impedanz (den Widerstand). Der Mittelpunkt der horizontalen Achse repräsentiert die Systemimpedanz (in diesem Fall 50 Ω).
   b. Die gestrichelten Kreise, welche die horizontale Achse schneiden, repräsentieren jeweils einen konstanten Widerstand. Die gestrichelten Kreise, die tangential zur horizontalen Achse verlaufen, repräsentieren jeweils einen konstanten Blindwiderstand.

c. In der oberen Hälfte des Smith-Diagramms ist die reaktive Komponente positiv, d. h. induktiv. In der unteren Hälfte des Smith-Diagramms ist die reaktive Komponente negativ, d. h. kapazitiv.

Abbildung 2-30 Interpretation des Smith-Diagramms



po645b_c

d. Betrag und Phase des Reflexionsfaktors Γ lassen sich, wie nachfolgend beschrieben, auf zweierlei Weise bestimmen.

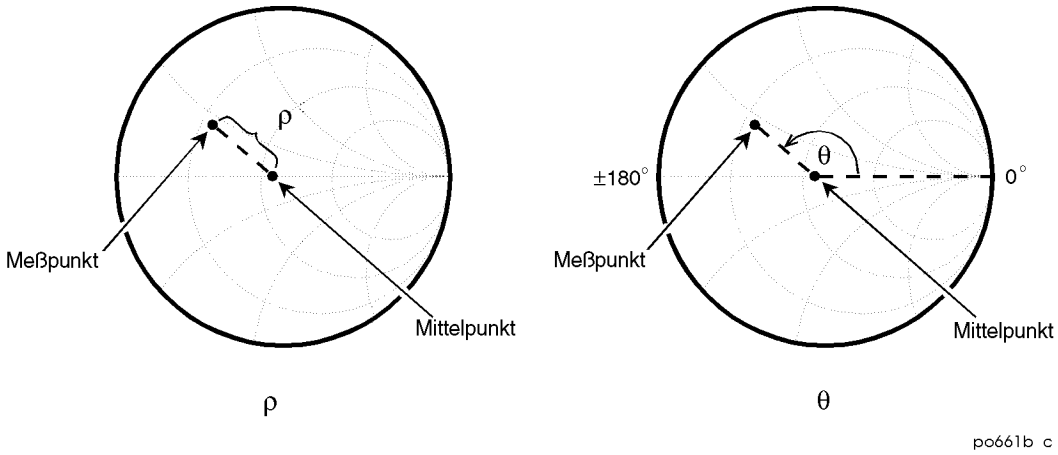
i. Indem das Smith-Diagramm folgendermaßen interpretiert wird:

- ρ = |Γ| = Entfernung des jeweiligen Meßpunktes vom Mittelpunkt des Diagramms. Siehe Abbildung 2-31, “Bestimmung des Betrags und der Phase des Reflexionsfaktors”.

- $\angle \Gamma = \theta$ = Winkel zwischen der horizontalen Achse des Smith-Diagramms und einer Linie von dessen Mittelpunkt zum jeweiligen Meßpunkt. See Abbildung 2-31.

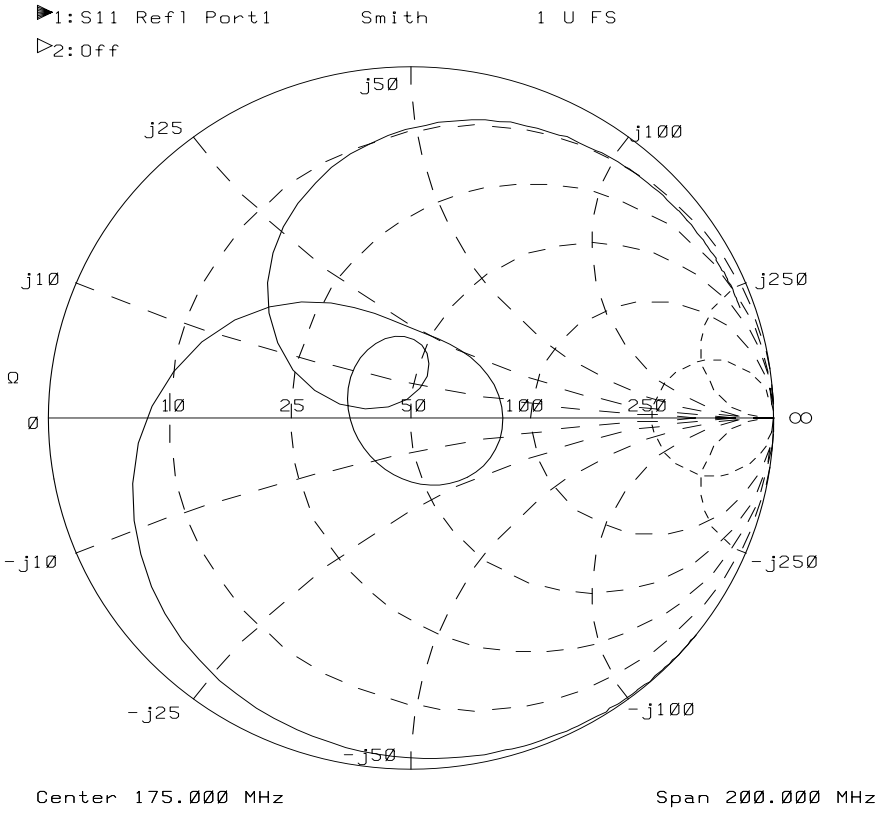
ii. Indem die Meßergebnisse im Polarformat dargestellt und der Betrag und die Phase mit Hilfe der Marken bestimmt werden. Drücken Sie hierzu FORMAT **Polar**.

Abbildung 2-31Bestimmung des Betrags und der Phase des Reflexionsfaktors



3. Abbildung 2-32, “Beispiel für eine Impedanzmessung”, zeigt ein typisches Meßergebnis. Achten Sie auf die Markenanzeige oben rechts im Bildschirm. Die Markenwerte repräsentieren die Frequenz, den Widerstand, den Blindwiderstand und die äquivalente Kapazität bzw. Induktivität.

Abbildung 2-32 Beispiel für eine Impedanzmessung



Impedanz (Darstellung des Betrags)

Der Betrag der Impedanz (Z) eines Prüflings läßt sich aus dem gemessenen Reflexions- oder Übertragungsfaktor berechnen. Das Darstellungsformat “Impedance Magnitude” ermöglicht die Messung der Impedanz in Abhängigkeit von der Frequenz oder Leistung. Diese Messung ist bei vielen Bauteiltypen, beispielsweise Resonatoren oder diskreten passiven Bauteile, nützlich.

Der Analysator mißt den Reflexions- oder Transmissionsfrequenzgang des Prüflings, berechnet daraus die äquivalente komplexe Impedanz und stellt auf dem Bildschirm den Betrag dar. Diese Umrechnungen werden weiter unten beschrieben.

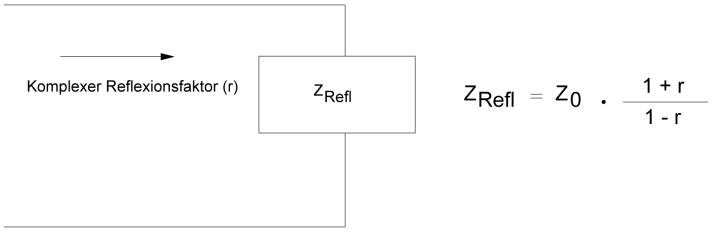
Die Genauigkeit von Impedanzmessungen ist in besonderem Maße von der Genauigkeit der vorangegangenen Kalibrierung abhängig. Die größtmögliche Genauigkeit erzielen Sie, wenn die Impedanz des Prüflings nahe bei der des Meßsystems (50 oder 75 Ohm) liegt. Die Auflösung ist (durch interne Berechnungen) auf etwa 5 bis 10 Milliohm begrenzt.

Drücken Sie zur Wahl des Formats “Impedance magnitude” FORMAT **More Format** **Impedance Magnitude** .

Funktionsweise der Reflexionsmessung

Eine Reflexionsmeßkurve läßt sich nach dem Modell und der Formel, die in Abbildung 2-33, “Impedanzberechnung für Reflexionsmessungen”, dargestellt sind, in die äquivalente Impedanz umrechnen. Abbildung 2-33, Γ repräsentiert den komplexen Reflexionsfaktor. Die komplexe Impedanz Z_{Refl} wird aus Γ und Z_0 berechnet. Auf dem Bildschirm wird der Betrag von Z_{Refl} dargestellt. Diese Messung setzt voraus, daß ein Zwei-Tor-Bauteil zwischen den Meßanschlüssen des Analysators angeschlossen ist.

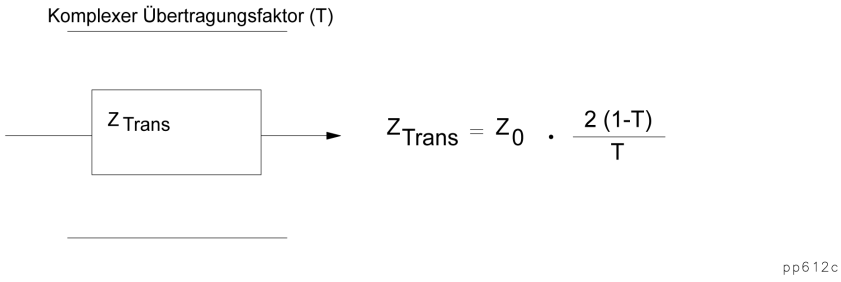
Abbildung 2-33 Impedanzberechnung für Reflexionsmessungen



Funktionsweise der Transmissionsmessung

Die Ergebnisse einer Transmissionsmessung lassen sich nach dem Modell und der Gleichung, die in Abbildung 2-34 dargestellt sind, in die äquivalente Serienimpedanz umrechnen.

Abbildung 2-34 Impedanzberechnung für Transmissionsmessungen



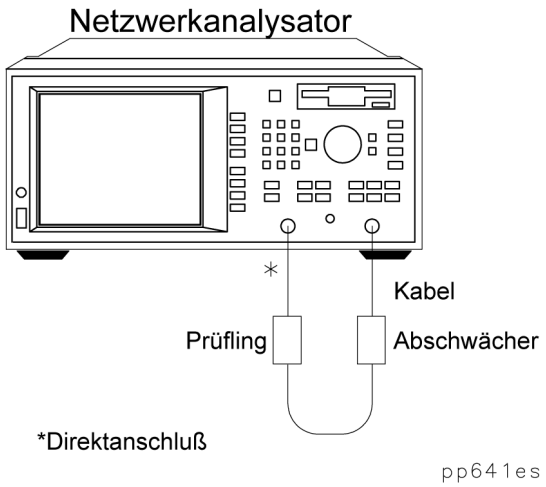
In der obigen Gleichung repräsentiert T den komplexen Übertragungsfaktor. Die komplexe Impedanz Z_{Trans} wird aus T und Z_0 berechnet. Auf dem Bildschirm wird der Betrag von Z_{Trans} dargestellt. Dies ist nicht das gleiche wie eine Zwei-Tor-Z-Parameter-Messung, da in den Gleichungen nur der gemessene Parameter verwendet wird.

Kapitel 6 enthält Informationen über alle für Transmissionsmessungen verfügbaren Kalibrierverfahren. Die Zwei-Tor-Kalibrierung ist das genaueste Kalibrierverfahren für Transmissionsmessungen, weil sie alle signifikanten systematischen Fehler korrigiert. Als Alternative kommt die erweiterte Frequenzgangkalibrierung in Frage. Da die erweiterte Frequenzgangkalibrierung keine Lastanpassungsfehler korrigieren

kann, sind die Ergebnisse der Transmissionsumrechnung weniger genau als die der Reflexionsumrechnung. Es empfiehlt sich, eine möglichst exakt angepaßte Last zu verwenden, um diese Fehler klein zu halten. Eine gute Lastanpassung können Sie beispielsweise dadurch erreichen, daß Sie den Ausgang des Prüflings über ein Dämpfungsglied an den Eingang des Analysators anschließen. Siehe Abbildung 2-35. (Das Dämpfungsglied muß auch während der erweiterten Frequenzgang-kalibrierung im Signalweg liegen).

Beachten Sie bei der Interpretation solcher Impedanzmessungen, daß der Analysator auf mathematische Weise die äquivalente Serienimpedanz herleitet. Wenn der Prüfling eine signifikante Nebenschlußimpedanz aufweist, können die Ergebnisse erheblich von der erwarteten Serienimpedanz abweichen.

Abbildung 2-35 Meßanordnung für eine Transmissionsmessung zur Bestimmung des Impedanzbetrags



3 Benutzung der Gerätefunktionen

Einführung

In diesem Kapitel wird beschrieben, wie Sie die Funktionen zum Analysieren, Abspeichern und Ausdrucken der Meßergebnisse benutzen.

Es werden folgende Funktionen erläutert:

- Markenfunktionen
- Grenzwerttest
- Automatische Referenzpunkt-Nachführung
- Anpassen der Bildschirmdarstellung
- Abspeichern von Meßergebnissen und Abrufen gespeicherter Meßergebnisse
- Anschließen und Konfigurieren eines Druckers oder Plotters
- Ausdrucken oder Plotten von Meßergebnissen
- Verwendung einer externen Tastatur
- Verwendung eines externen VGA-Bildschirms

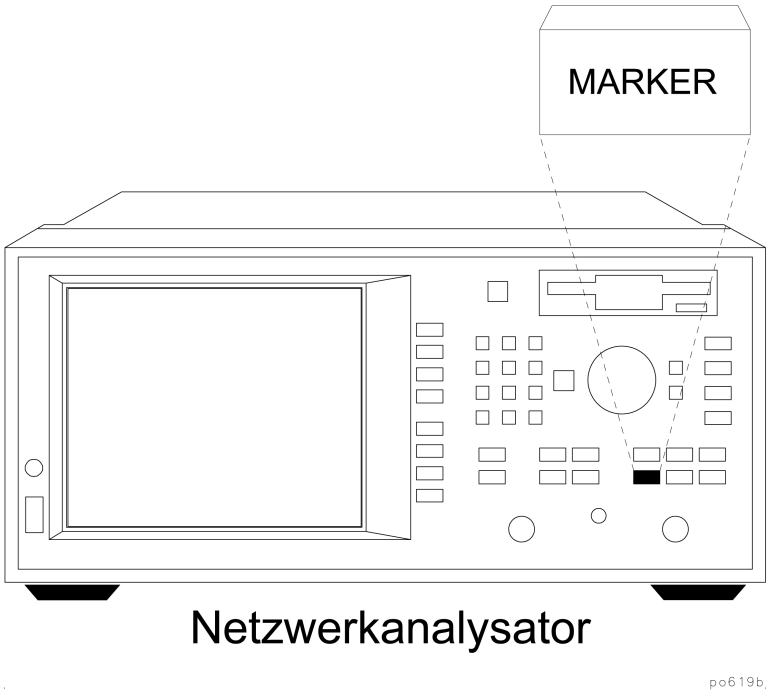
Markenfunktionen

Die Marken ermöglichen ein direktes Ablesen der numerischen Werte der Meßkurve. Beim kartesischen Darstellungsformat sind jeder Marke ein Stimulus-Wert (X-Wert) und ein Response -Wert (Y-Wert) zugeordnet. Bei Smith-Diagrammen sind jeder Marke vier Werte zugeordnet: Stimulus, Widerstand, Reaktanz und komplexe Impedanz. Bei Polardiagrammen sind jeder Marke drei Werte zugeordnet: Stimulus, Betrag und Phase.

Wenn Sie eine Marke aktivieren und keine andere Funktion aktiv ist, wird der Stimuluswert der Marke im Eingabefeld angezeigt.

Sie können die aktive Marke wahlweise mit Hilfe des Drehknopfs oder der Tasten (▲)(▼) positionieren, oder indem Sie über die Zifferntastatur direkt den gewünschten Stimuluswert eingeben. Drücken Sie zum Aktivieren der Marken die Taste MARKER. Siehe Abbildung 3-1.

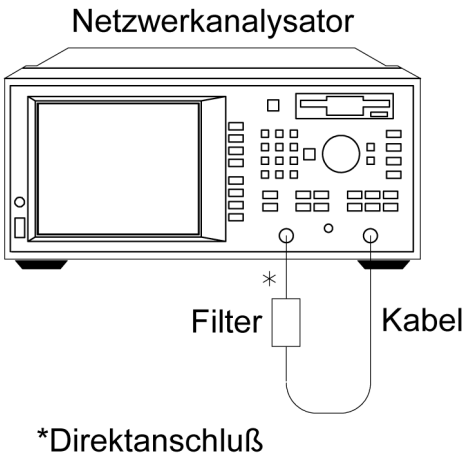
Abbildung 3-1 Die Taste MARKER



HINWEIS Die Frequenzwerte der Marken beider Kanäle sind miteinander gekoppelt. Wenn Sie die Frequenz der Marke in einem Kanal ändern, ändert sich automatisch auch die Frequenz der Marke in dem anderen Kanal.

Die Beispiele in diesem Abschnitt beziehen sich auf eine S_{21} Vorwärts-Transmissionsmessung an einem Filter. Wenn Sie die Beispiele an Ihrem Analysator nachvollziehen möchten, schließen Sie das mit dem Analysator gelieferte Filter gemäß Abbildung 3-2 an den Analysator an.

Abbildung 3-2 Anschluß des Filters an den Analysator



PRESET

FREQ **Center** 175 **MHz**

Span 349 **MHz**

SCALE **Autoscale**

HINWEIS Wenn Sie eine Meßkurve ausdrucken, die eine oder mehrere Marken enthält, können Sie vorgeben, daß zusammen mit der Meßkurve eine Markentabelle ausgedruckt wird. Siehe hierzu “Ausdrucken oder Plotten von Meßergebnissen” weiter unten in diesem Kapitel.

Marken aktivieren

1. Drücken Sie zum Aktivieren der Marke 1 die Taste (MARKER).
2. Die Marken 2 bis 4 können Sie mit Hilfe von Softkeys aktivieren. Drücken Sie beispielsweise zum Aktivieren der Marke 3 den Softkey **3:** . Drücken Sie zum Aktivieren der Marken 5 bis 8 zuerst **More Markers** und dann den Softkey für die betreffende Marke.
3. Beim Aktivieren einer Marke wird diese entweder auf den gleichen X-Wert gesetzt, auf dem sie sich zuletzt befand, oder in die Mitte der X-Achse.

HINWEIS

Definition der aktiven Marke

Es können bis zu acht Marken gleichzeitig dargestellt werden, von denen allerdings immer nur eine “aktiv” sein kann. Die aktive Marke hat die Form eines nach unten zeigenden Dreiecks (∇), oberhalb dessen die jeweilige Markennummer angezeigt wird. Alle anderen Marken haben die Form eines nach oben zeigenden Dreiecks (Δ), unterhalb dessen die jeweilige Markennummer angezeigt wird. Die Marken können einzeln mit dem entsprechenden Softkey aktiviert werden.

Die Werte der aktiven Marke werden stets in der oberen rechten Ecke des Bildschirms angezeigt. Den Stimulus-Wert der aktiven Marke können Sie wahlweise mit Hilfe des Drehknopfs oder der Tasten (⇧) (⇩) verändern oder direkt über die Zifferntastatur eingeben.

Marken abschalten

1. Durch (MARKER) **All Off** können Sie alle Marken abschalten.
2. Wenn Sie eine einzelne Marke abschalten möchten, aktivieren Sie diese zunächst durch Drücken des entsprechenden Softkeys, und drücken Sie anschließend **Active Marker Off** . (Dieser Softkey befindet sich im Menü **More Markers**).

Markensuchfunktionen

Sie können die Marken u. a. zu folgenden Zwecken verwenden:

- Suche nach dem Maximum oder Minimum der Meßkurve
- Suche nach einem bestimmten Zielwert
- Automatische Berechnung der Bandbreite oder Welligkeit eines Filters
- Automatische Suche nach lokalen Maxima oder Minima der Meßkurve

HINWEIS

Die “Marker Tracking”-Funktion eignet sich in Verbindung mit den Markensuchfunktionen hervorragend zur Kontrolle von Abgleichmaßnahmen. Bei aktiver “Marker Tracking”-Funktion wird das von der aktiven Marke gelieferte Suchergebnis in jedem Wobbelzyklus aktualisiert. Drücken Sie zum Aktivieren der “Marker Tracking”-Funktion (MARKER) **Marker Search** und wählen Sie dann die gewünschte Suchfunktion. Drücken Sie anschließend **Prior Menu** (falls erforderlich) und **Tracking on OFF** .

VORSICHT

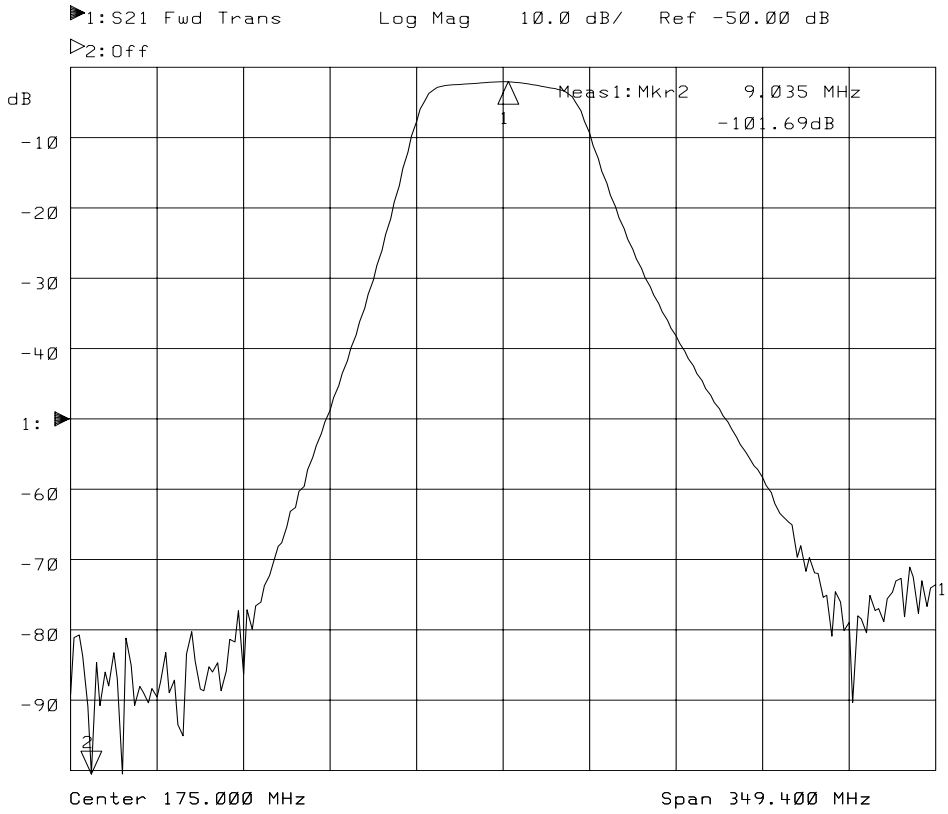
Es kann vorkommen, daß das Markensuchkriterien für Kanal 1 mit dem für Kanal 2 inkompatibel ist, oder umgekehrt. In diesem Fall werden die Marken des inaktiven Kanals entsprechend verschoben. Achten Sie darauf, die Marken für den richtigen Kanal zu verwenden – insbesondere dann, wenn die “Marker Tracking”-Funktion aktiv ist.

Suche nach Maximum oder Minimum

Die Maximum-Suchfunktion dient zur Suche nach dem absoluten Maximum oder nach lokalen Maxima der Meßkurve. Die Minimum-Suchfunktion dient zur Suche nach dem absoluten Minimum oder nach lokalen Minima der Meßkurve.

1. Drücken Sie **Marker Search** **Max Search** **Mkr –> Max** , um die Marke 1 auf das Maximum der Meßkurve zu setzen.
2. Drücken Sie **Prior Menu** **Prior Menu** **2:** **Marker Search** **Min Search** **Mkr –> Min** , um die Marke 2 auf das Minimum der Meßkurve zu setzen.
3. Abbildung 3-3 zeigt die Marken 1 und 2 auf dem Maximum bzw. Minimum der Meßkurve.

Abbildung 3-3 Marken auf dem Maximum und dem Minimum der Meßkurve.

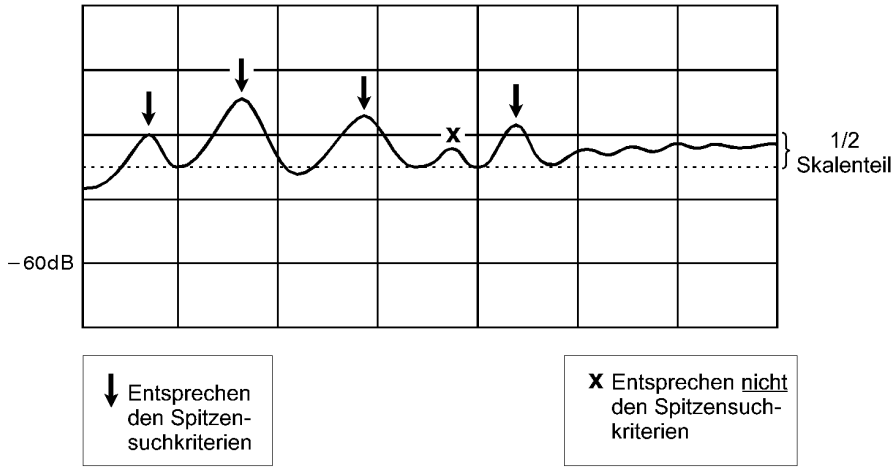


Suche nach dem nächsten lokalen Maximum oder Minimum

Wie zuvor erläutert, wird bei Betätigung des Softkeys **Mkr –> Max** bzw. **Mkr –> Min** eine Marke auf das Maximum bzw. Minimum der Meßkurve gesetzt. Mit den Softkeys **Next Peak Right**, **Next Peak Left**, **Next Min Right** und **Next Min Left** können Sie das nächste lokale Maximum bzw. Minimum rechts bzw. links von der derzeitigen Markenposition suchen.

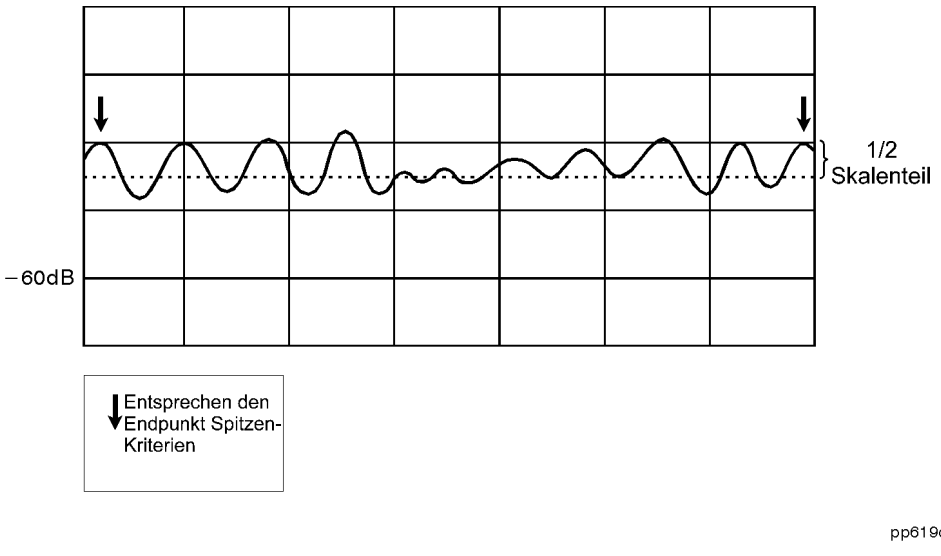
Ein lokales Maximum oder Minimum wird von der Suchfunktion nur dann erkannt, wenn die Amplitudenschwankung mehr als ein halbes Skalenteil beträgt. Diese Bedingung muß auf beiden Seiten (links und rechts) des betreffenden lokalen Maximums bzw. Minimums erfüllt sein. Außerdem muß das Maximum bzw. Minimum > –60 dB sein. Siehe Abbildung 3-4.

Abbildung 3-4 Peak- und Minimum-Suchkriterien



Wenn ein lokales Maximum oder Minimum in der Nähe des Bildschirmrandes liegt, gilt die Amplitudenschwankungsbedingung auch dann als erfüllt, wenn die Amplitude nur auf einer Seite des betreffenden Extremwertes um mehr als ein halbes Skalenteil schwankt. Siehe Abbildung 3-5.

Abbildung 3-5 Peak- und Minimum-Suchkriterien an den Rändern des Bildschirms



Nach einem Zielwert suchen

1. Drücken Sie **Prior Menu** **Prior Menu** **All Off** **1:** **Marker Search** **Target Search** .
2. Drücken Sie **Target Value** , um die Zielwert-Suchfunktion zu aktivieren, und geben Sie den gewünschten Zielwert ein. (Der Standardwert beträgt –3 dB).
3. Drücken Sie **Search Right** und beachten Sie, wie die Marke auf das erste Vorkommen des Zielwertes rechts von der derzeitigen Markenposition plaziert wird. Der Zielwert bezieht sich stets auf 0 dB.
4. Drücken Sie **Search Left** und beachten Sie, wie die Marke auf das erste Vorkommen des Zielwertes links von der derzeitigen Markenposition plaziert wird.
5. Jedesmal, wenn Sie **Search Right** oder **Search Left** drücken, springt die Marke auf das nächste Vorkommen des Zielwertes. Falls der Zielwert nicht existiert, wird kurzzeitig die Fehlermeldung "`Target not found`" (Zielwert nicht gefunden) angezeigt.

Suche nach Bandbreitenwerten

HINWEIS Die Bandbreiten-Suchfunktion ist nur auf Transmissions- oder Pegelmessungen und nur auf das Darstellungsformat “log mag” anwendbar.

1. Drücken Sie (MARKER) **Marker Search** **Bandwidth** .

   Die Bandbreiten-Suchfunktion analysiert die Durchlaßkurve eines Bandpaßfilters und berechnet die auf einen vorgegebenen Amplitudenabfall bezogene Bandbreite sowie die Mittenfrequenz und den Gütefaktor Q (siehe untenstehende Anmerkung). (Der Standard-Bezugswert für die Bandbreiten-Suchfunktion ist –3 dB). Die Bandbreite wird in der oberen rechten Ecke des Bildschirms angezeigt. Für die Bandbreitensuche wird die Marke 1 als Delta-Marke konfiguriert. (Die Delta-Marke wird weiter unten in diesem Kapitel ausführlich beschrieben.)

HINWEIS Die **Mittenfrequenz** (“Center Frequency”) ist definiert als die Frequenz in der Mitte zwischen den beiden Referenzpunkten.

Loss ist die Amplitude der Mittenfrequenzmarke.

Q steht für “quality factor” (Gütefaktor) und ist definiert als das Verhältnis der Resonanzfrequenz zur Bandbreite des Prüflings. Der Analysator berechnet Q, indem er die Mittenfrequenz durch die Bandbreite dividiert.

2. Drücken Sie (–6) (ENTER), um den standardmäßigen Bezugswert von –3 dB auf –6 dB abzuändern.
3. Wenn Sie die Frequenzauflösung der Marke ändern möchten, drücken Sie (FREQ) **Disp Freq Resolution** und geben Sie die gewünschte Auflösung ein.

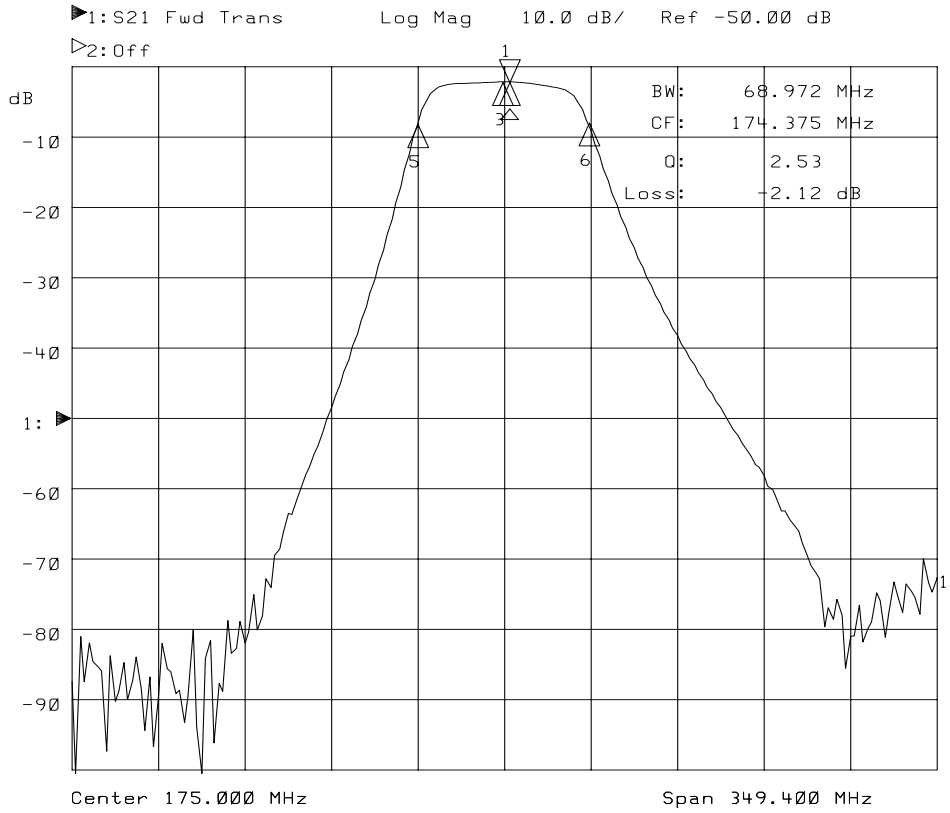
Die folgende Tabelle zeigt die Funktionen der einzelnen Marken. Abbildung 3-6, “Markensuche nach der –6 dB-Bandbreite”, zeigt das Ergebnis einer Suche nach der –6 dB-Bandbreite in Kanal 1.

Funktionen der einzelnen Marken bei der Bandbreitensuche

Funktion	Meßkanal 1	Meßkanal 2
Amplitudenmaximum	Marke 1	Marke 2
Mittenfrequenz des Durchlaßbereichs[a]	Marke 3	Marke 4
Bandbreiten-Bezugspunkt (links)	Marke 5	Marke 7
Bandbreiten-Bezugspunkt (rechts)	Marke 6	Marke 8

a. Die Mittenfrequenz ist definiert als die Mitte zwischen den beiden Bandbreiten-Bezugspunkten.

Abbildung 3-6 Markensuche nach der –6 dB-Bandbreite



Suche nach Sperrfilterwerten

HINWEIS Die “Notch”-Suchfunktion ist nur auf Transmissions- oder Pegelmessungen und nur auf das Darstellungsformat “log mag” anwendbar.

1. Um dieses Beispiel an Ihrem Analysator nachzuvollziehen, benötigen Sie ein Sperrfilter. Schließen Sie das Sperrfilter gemäß Abbildung 3-2 an den Analysator an.
2. Drücken Sie (MARKER) **All Off** **Marker Search** **Notch** .

3. Die “Notch”-Suchfunktion analysiert die Durchlaßkurve eines Sperrfilters und berechnet die auf einen vorgegebenen Amplitudenabfall bezogene Bandbreite sowie die Mittenfrequenz und den Gütefaktor Q (siehe untenstehende Anmerkung). (Der Standard-Bezugswert für die Notch-Suchfunktion ist –6 dB). Die Bandbreite wird in der oberen rechten Ecke des Bildschirms angezeigt. Für die Notch-Suche wird die Marke 1 als Delta-Marke konfiguriert. (Die Delta-Marke wird weiter unten in diesem Kapitel ausführlich beschrieben.)

HINWEIS

Q steht für “quality factor” (Gütefaktor) und ist definiert als das Verhältnis der Resonanzfrequenz zur Bandbreite des Prüflings. Der Analysator berechnet Q, indem er die Mittenfrequenz durch die Bandbreite dividiert.

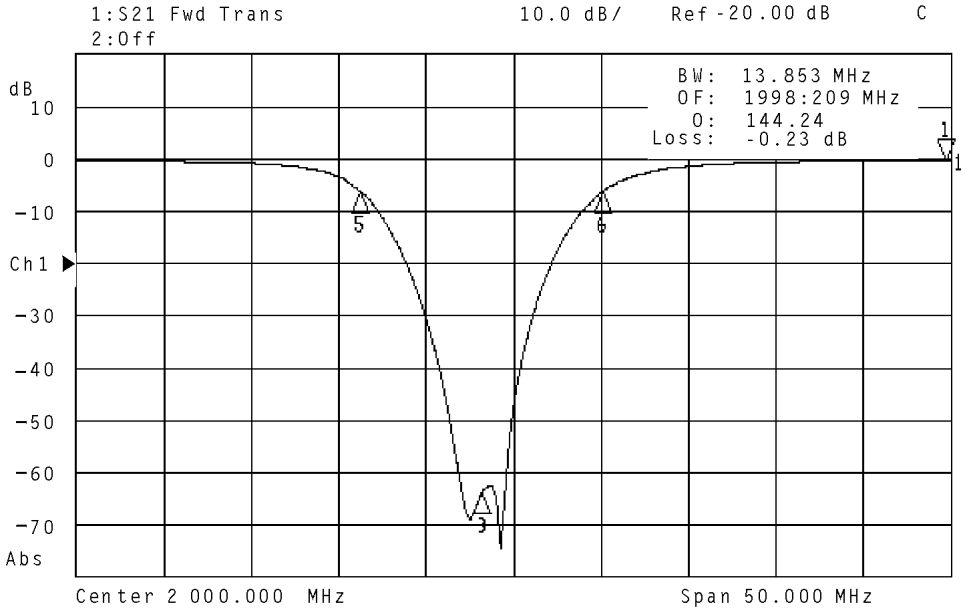
Die folgende Tabelle zeigt die Funktionen der einzelnen Marken. Abbildung 3-7 zeigt das Ergebnis einer Suche nach der –6 dB-Bandbreite in Kanal 1.

Funktionen der einzelnen Marken bei der “Notch”-Suche

Funktion	Meßkanal 1	Meßkanal 2
Amplitudenmaximum	Marke 1	Marke 2
Mittenfrequenz des Sperrbereichs[a]	Marke 3	Marke 4
Linker Notch-Bezugspunkt (–n dB) [b]	Marke 5	Marke 7
Rechter Notch-Bezugspunkt (–n dB) [b]	Marke 6	Marke 8

a. Die Mittenfrequenz ist definiert als die Mitte zwischen den beiden Bandbreiten-Bezugspunkten.
b. n ist der Zielwert, und der –n dB-Punkt ist auf das Meßkurvenmaximum (Marke 1) bezogen.

Abbildung 3-7 Ergebnis einer Markensuche nach der –6 dB-Bandbreite eines Sperrfilters



Suche nach Mehrfach-“Peaks” oder -“Notches”

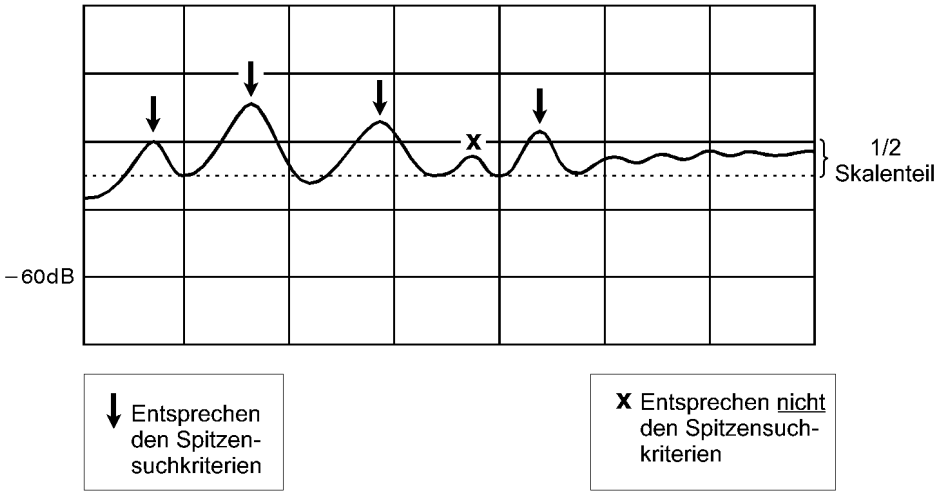
Die “Multi-Peak”- und “Multi-Notch”-Suchfunktionen sind für Messungen an Filtern höherer Ordnung gedacht. Beide Funktionen durchsuchen die Meßkurve automatisch von links nach rechts und setzen auf jedes lokale Maximum oder Minimum eine Marke. Es werden bis zu acht Maxima oder Minima gefunden. Bei der Suche werden nur Werte oberhalb –60 dB berücksichtigt. Bei aktiver “Marker Tracking”-Funktion wird die “Multi-Peak/Notch”-Suche nach jedem Wobbelzyklus durchgeführt.

HINWEIS

Während einer Multi-Peak- oder Multi-Notch-Suche befinden sich immer acht Marken auf der Meßkurve, ganz gleich, wieviele “Peaks” oder “Notches” gefunden werden. Die “nicht benötigten” Marken werden auf den rechten Endpunkt der Meßkurve gesetzt.

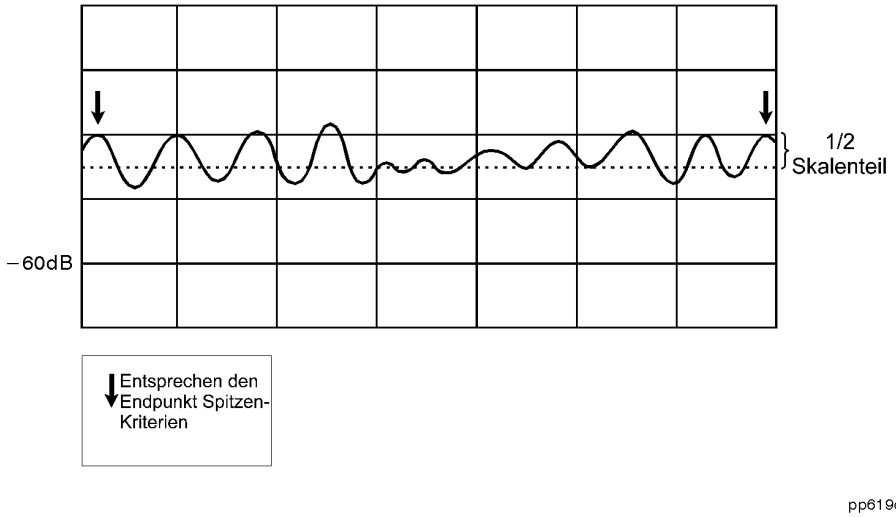
Ein lokales Maximum oder Minimum wird von der Suchfunktion nur dann erkannt, wenn die Amplitudenschwankung mehr als ein halbes Skalenteil beträgt. Diese Bedingung muß auf beiden Seiten (links und rechts) des betreffenden lokalen Maximums bzw. Minimums erfüllt sein. Außerdem muß das Maximum bzw. Minimum > –60 dB sein. Siehe Abbildung 3-8.

Abbildung 3-8 Peak- und Minimum-Suchkriterien



Wenn ein lokales Maximum oder Minimum in der Nähe des Bildschirmrandes liegt, gilt die Amplitudenschwankungsbedingung auch dann als erfüllt, wenn die Amplitude nur auf einer Seite des betreffenden Extremwertes um mehr als ein halbes Skalenteil schwankt. Siehe Abbildung 3-9.

Abbildung 3-9 Peak- und Minimum-Suchkriterien an den Rändern des Bildschirms



Schließen Sie ein Filter höherer Ordnung an und drücken Sie (MARKER) **Marker Search** **More** und **Multi Peak**, falls es sich um ein Bandpaßfilter handelt, bzw. **MultiNotch**, falls es sich um ein Sperrfilter handelt.

Die Abbildungen Abbildung 3-10, “Ergebnis einer “Multi-Peak”-Suche”, und Abbildung 3-11, “Ergebnis einer “Multi-Notch”-Suche”, zeigen Beispiele für eine “Multi-Peak”- bzw. “Multi-Notch”-Suche.

Abbildung 3-10 Ergebnis einer “Multi-Peak”-Suche

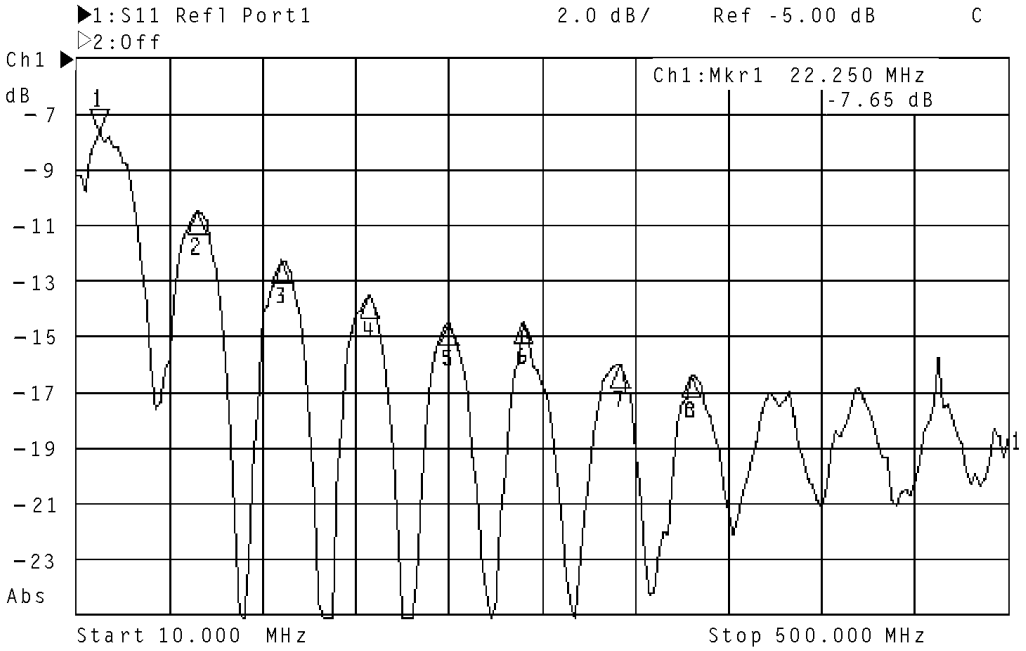
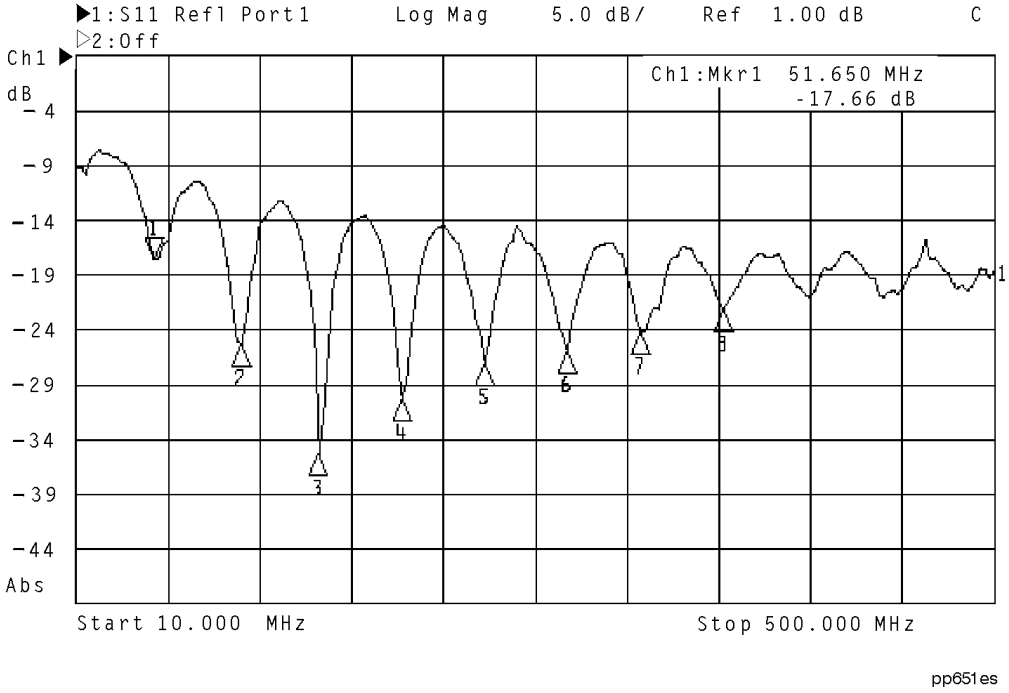


Abbildung 3-11 Ergebnis einer “Multi-Notch”-Suche



Mathematische Markenfunktionen

Der Analysator bietet drei mathematische Markenfunktionen – “Statistics”, “Flatness” und “RF filter stats” – zur Auswertung von Amplitudendaten eines ausgewählten Meßkurvensegments.

Das Meßkurvensegment für Kanal 1 wird durch die Marken 1 und 2 definiert; das Meßkurvensegment für Kanal 2 wird durch die Marken 3 und 4 definiert. Die “Marker Math”-Parameter werden nach jedem Wobbelzyklus aktualisiert, sowie immer dann, wenn eine der Marken verschoben wird. Die “Marker Tracking”-Funktion ist nicht zusammen mit den “Marker Math”-Funktionen anwendbar.

HINWEIS Die “Marker Math”-Funktionen und die Markensuchfunktionen können nicht gleichzeitig aktiv sein.

Markenstatistik-Funktionen

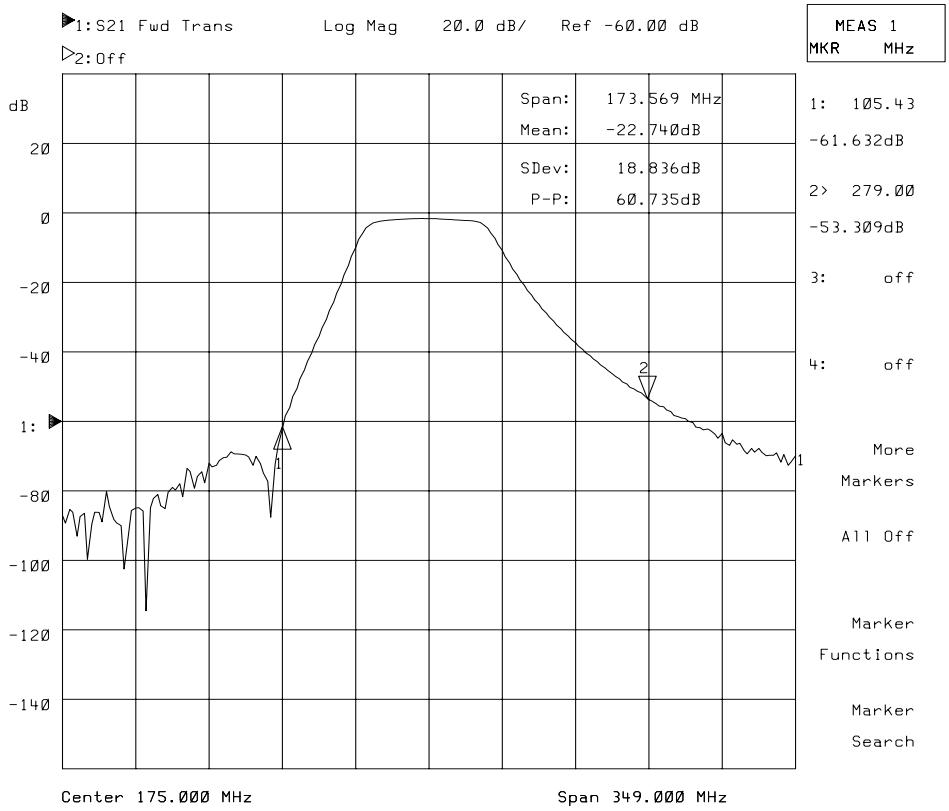
Die Markenstatistikfunktionen analysieren ein benutzerdefiniertes Meßkurvensegment und berechnen folgende Größen:

- Frequenzspanne
- Mittlerer Pegel
- Standardabweichung des Amplitudenfrequenzgangs
- Spitze-Spitze-Welligkeit

Die Grenzwerttestfunktion ist auch auf den statistisch berechneten mittleren Pegel und die Spitze-Spitze-Welligkeit anwendbar. Siehe ““Marker-Limit”-Funktionen” weiter unten in diesem Kapitel.

1. Drücken Sie in Kanal 1 (MARKER) und setzen Sie die Marken 1 und 2 auf den Anfang bzw. das Ende des interessierenden Meßkurvensegments. (Wenn Sie die Berechnungen in Kanal 2 durchführen möchten, definieren Sie das Segment mit Hilfe der Marken 3 und 4).
2. Drücken Sie **Marker Functions** **Marker Math** **Statistics** .
3. Abbildung 3-12, ““Marker Statistics”-Funktion”, zeigt ein markiertes Meßkurvensegment. Achten Sie auf die Markenanzeige oben rechts im Bildschirm.

Abbildung 3-12 “Marker Statistics”-Funktion



"Marker Flatness"-Suchfunktion

Die Marker-Flatness-Suchfunktion analysiert ein benutzerdefiniertes Meßkurvensegment und berechnet folgende Größen:

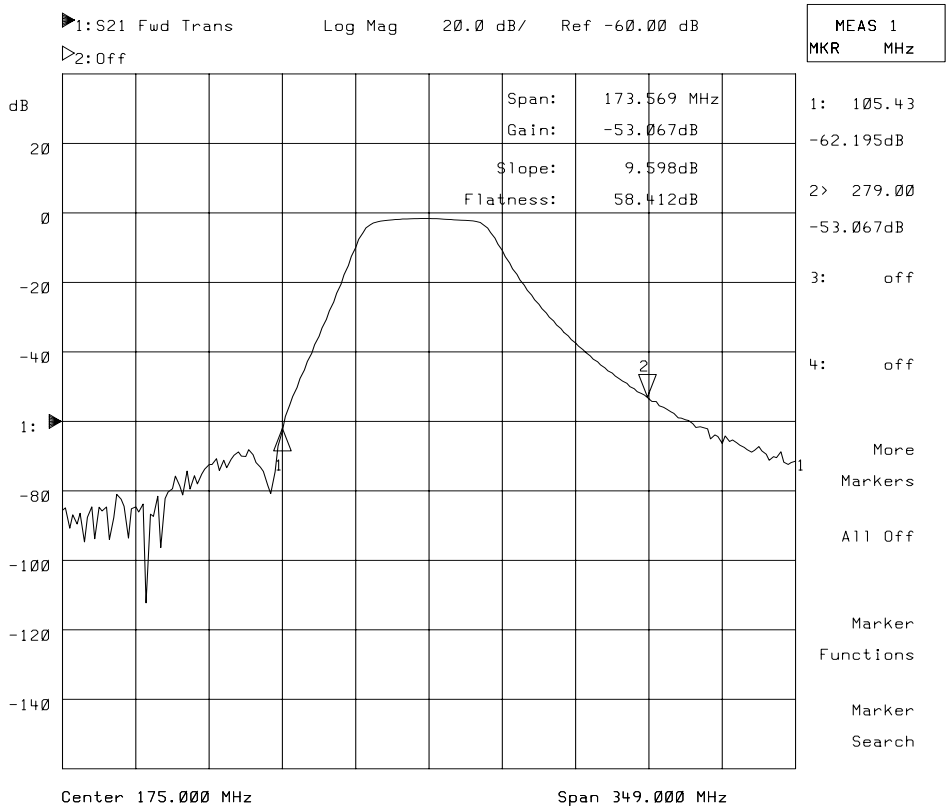
- Frequenzspanne
- Verstärkung
- Steilheit
- Welligkeit

Zur Berechnung der Welligkeit wird eine gerade Linie durch die markierten Meßpunkte gezogen. Für jeden einzelnen Meßpunkt wird die maximale vertikale Abweichung von dieser Bezugsgeraden berechnet. Die Welligkeit entspricht der Differenz zwischen der maximalen und der minimalen Abweichung von der Bezugsgeraden.

Die Grenzwerttestfunktion ist auch auf das Ergebnis der Welligkeitsberechnung anwendbar. Siehe ""Marker-Limit"-Funktionen" weiter unten in diesem Kapitel.

1. Drücken Sie in Kanal 1 (MARKER) und setzen Sie die Marken 1 und 2 auf den Anfang bzw. das Ende des interessierenden Meßkurvensegments. (Wenn Sie die Berechnungen in Kanal 2 durchführen möchten, definieren Sie das Segment mit Hilfe der Marken 3 und 4).
2. Drücken Sie **Marker Functions** **Marker Math** **Flatness** .
3. Abbildung 3-13, ""Marker Flatness"-Funktion", zeigt ein markiertes Meßkurvensegment. Achten Sie auf die Markenanzeige oben rechts im Bildschirm.

Abbildung 3-13 “Marker Flatness”-Funktion

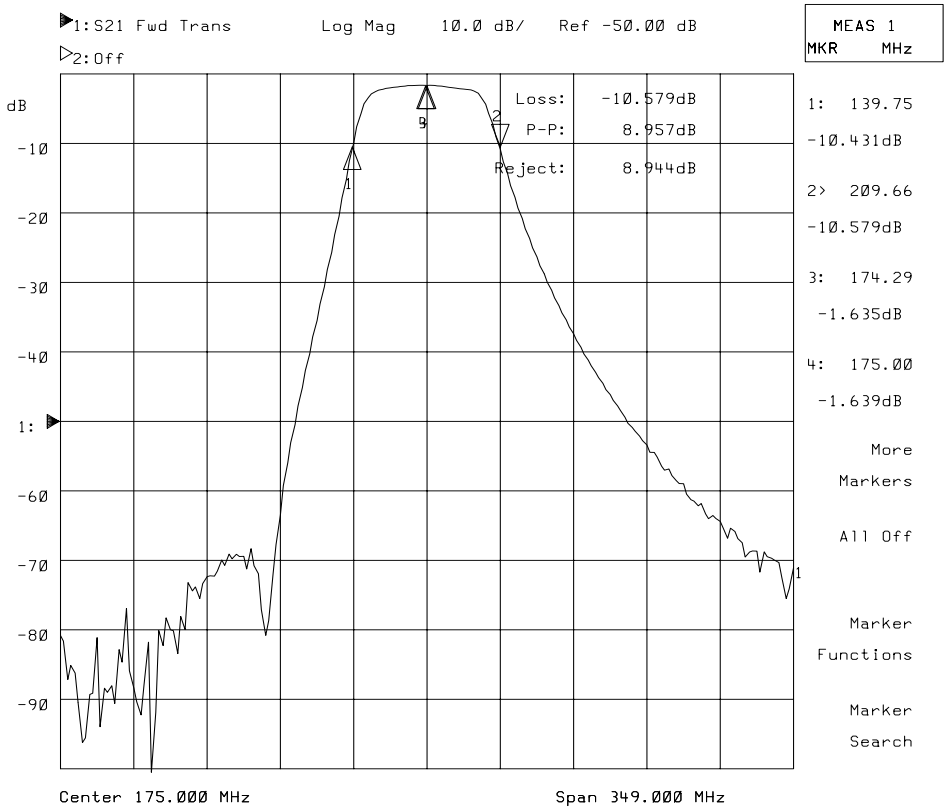


"RF Filter Statistics"-Funktion

Die RF-Filter-Statistics-Funktion mißt in einem einzigen Wobbelzyklus sowohl die Durchlaßbereich- als auch die Sperrbereich-Parameter eines Filters.

1. Drücken Sie in Kanal 1 (MARKER) , und setzen Sie die Marken 1 und 2 auf den Anfang bzw. das Ende des Durchlaßbereichs. Setzen Sie die Marken 3 und 4 auf den Anfang bzw. das Ende des Sperrbereichs. (Wenn Sie die Berechnungen in Kanal 2 durchführen möchten, definieren Sie das Segment mit Hilfe der Marken 5 und 8).
2. Drücken Sie **Marker Functions** **Marker Math** **RF Filter Stats** .
3. Nach jedem Wobbelzyklus werden automatisch die Einfügedämpfung und die Spitze-Spitze-Welligkeit im Durchlaßbereich sowie der maximale Signalpegel im Sperrbereich berechnet. Die Einfügedämpfung ist definiert als der minimale Amplitudenwert im Bereich zwischen den Marken 1 und 2, bezogen auf 0 dB. Die Spitze-Spitze-Welligkeit im Durchlaßbereich ist definiert als die Differenz zwischen der maximalen und der minimalen Amplitude im Durchlaßbereich (der durch die Marken 1 und 2 definiert wurde). Die Sperrdämpfung ist definiert als die Differenz zwischen der minimalen Amplitude im Durchlaßbereich und der maximalen Amplitude im Sperrbereich.
4. Abbildung 3-14 zeigt ein typisches Ergebnis einer "RF Filter Statistics"-Suche.

Abbildung 3-14 “RF Filter Statistics”-Funktion



Delta- (Δ) Marken

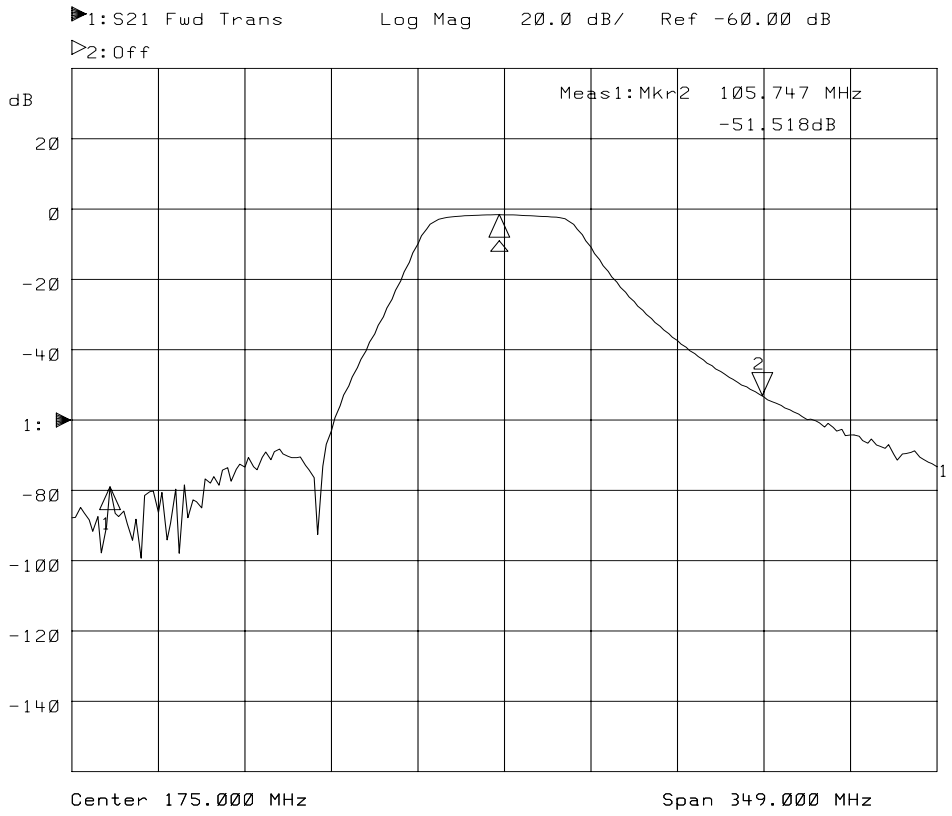
Beim Aktivieren der Betriebsart Delta-Marke erscheint an der Position der aktiven Marke eine Referenzmarke. Anschließend werden alle Markenwerte auf diese Referenzmarke bezogen angezeigt. Wenn sich die Amplitude der Meßkurve ändert, ändert sich auch der Referenzmarkenwert. Die Delta-Marke hat die Form eines nach oben zeigenden Dreiecks (Δ) mit einem darunter liegenden Delta-Symbol (Δ).

Die Grenzwerttestfunktion ist auch auf Delta-Amplituden und Delta-Frequenzwerte anwendbar. (Siehe ""Marker-Limit"-Funktionen" weiter unten in diesem Kapitel.)

Wenn Sie das folgende Beispiel an Ihrem Analysator nachvollziehen möchten, konfigurieren Sie den Analysator für eine S_{21} Vorwärts-Transmissionsmessung an dem Bandpaßfilter, das mit dem Analysator geliefert wurde.

1. Drücken Sie (MARKER) **All Off** **Marker Search** **Max Search** **Mkr –> Max** , um die Marke 1 (die aktive Marke) auf das Meßkurvenmaximum zu setzen.
2. Drücken Sie **Prior Menu** **Prior Menu** **Marker Functions** **Delta Mkr ON** , um eine Referenzmarke auf die Position der aktiven Marke zu setzen.
3. Drücken Sie **Prior Menu** **Marker Search** **Min Search** **Mkr –> Min** , um die Marke 1 auf das Minimum der Meßkurve zu setzen.
4. Die Differenz zwischen den Frequenz- und Amplitudenwerten der beiden Marken wird in der oberen rechten Ecke des Bildschirms angezeigt.
5. Drücken Sie **Prior Menu** **Prior Menu** **2:** . Verschieben Sie die Marke 2 mit Hilfe des Drehknopfs weiter nach rechts. Beachten Sie, daß auch die Werte der Marke 2 bezogen auf die Delta-Marke angezeigt werden.

Abbildung 3-15 Betriebsart Delta-Marke



Weitere Markenfunktionen

"Marker-to-Center-Frequency"-Funktion

Wenn Sie die "Marker-to-Center-Frequency"-Funktion aktivieren, wird die durch die aktive Marke markierte Frequenz zur Mittenfrequenz; dabei wird gegebenenfalls die Wobbelbandbreite begrenzt. Wenn diese Funktion aktiviert wird, während alle Marken abgeschaltet sind, wird zuerst die Marke 1 aktiviert; falls die Marke 1 zuvor schon einmal positioniert wurde, erscheint sie in der vorigen Position, anderenfalls auf der Mittenfrequenz (Standardposition).

1. Drücken Sie (MARKER) und setzen Sie die Marke mit Hilfe des Drehknopfs oder durch direkte Werteeingabe über die Zifferntastatur auf 200 MHz.
2. Drücken Sie **Marker Functions** **Marker –> Center** und beachten Sie, daß die Meßkurve sich verschoben hat und die Mittenfrequenz jetzt 200 MHz beträgt.

"Marker-to-Reference"-Funktion

Wenn Sie die "Marker-to-Reference"-Funktion aktivieren, wird der Amplitudenwert der aktiven Marke zum Referenzpegel. (Diese Funktion hat keinen Einfluß auf die Referenz*position*). Wenn diese Funktion aktiviert wird, während alle Marken abgeschaltet sind, wird zuerst die Marke 1 aktiviert; falls die Marke 1 zuvor schon einmal positioniert wurde, erscheint sie in der vorigen Position, anderenfalls auf der Mittenfrequenz (Standardposition).

1. Drücken Sie (MARKER) und setzen Sie die Marke mit Hilfe des Drehknopfs oder durch direkte Werteeingabe über die Zifferntastatur auf etwa –10 dB.
2. Drücken Sie **Marker Functions** **Marker –> Reference** und beachten Sie, daß die Meßkurve nach oben verschoben wurde und die Marke sich jetzt exakt auf dem Referenzpegel befindet.

"Marker to Electrical-Delay"-Funktion

Die "Marker-to-Electrical-Delay"-Funktion ermöglicht es, eine (positive oder negative) Signalverzögerung am Empfängereingang zu simulieren. Durch Wahl einer geeigneten Verzögerung können Sie den Phasengang im Bereich der aktiven Marke ebnen. Sie können diese Funktion auch dazu benutzen, die elektrische Länge des Prüflings oder den Phasenlinearitätsfehler zu messen. Drücken Sie zum Aktivieren dieser Funktion **Marker Functions** **Marker –> Elec Delay** .

Weitere Informationen über die elektrische Länge finden Sie unter "Kompensieren von Phasenverschiebungen innerhalb der Meßanordnung" in Kapitel 4.

Polar-Format-Marken

Die Polar-Markenwerte werden als Betrag und Phase angezeigt. Diese Marken sind nur verfügbar, wenn die Meßergebnisse im Polarformat dargestellt werden. Drücken Sie zur Wahl des Polarformats FORMAT **Polar**.

Smith-Diagramm-Marken

Bei Smith-Diagrammen sind jeder Marke vier Werte zugeordnet: Frequenz, Widerstand, Reaktanz und komplexe Impedanz. Drücken Sie zur Wahl des Smith-Diagramm-Formats FORMAT **Smith Chart**. Informationen über die Interpretation von Smith-Diagrammen finden Sie unter “Impedanzmessung mit Darstellung als Smith-Diagramm” in Kapitel 2.

Grenzwerttest

Bei einem Grenzwerttest werden die aktuellen Meßergebnisse mit benutzerdefinierten Grenzwerten verglichen. Je nachdem, ob die Meßkurve innerhalb oder außerhalb der vorgegebenen Grenzwerte liegt, gibt der Analysator eine PASS- oder FAIL-Meldung aus.

Die Grenzwerttestfunktion eignet sich hervorragend zur Echtzeitkontrolle von Abgleichmaßnahmen. Die Ergebnisse des Grenzwerttests können sowohl auf dem Bildschirm als auch durch ein Signal am rückseitigen Anschluß LIMIT TEST TTL IN/OUT angezeigt werden.

Die Grenzwertbedingungen werden durch Liniensegmente definiert; dabei haben Sie die Wahl zwischen horizontalen, geneigten oder Ein-Punkt-Segmenten. Die verschiedenen Linientypen können einzeln verwendet oder miteinander kombiniert werden. Die Grenzwerttestfunktion ist auch auf die Ergebnisse folgender Markensuchfunktionen anwendbar: “Statistical Mean”, “Peak-to-Peak Ripple”, “Flatness”, “Delta Amplitude” und “Delta Frequency”.

HINWEIS Grenzwerttests sind nur auf aktuelle Meßkurven anwendbar und nicht auf gespeicherte.

HINWEIS Auf Meßkurven im Smith-Diagramm- oder Polar-Format ist die Grenzwerttestfunktion nicht anwendbar. Wenn Sie bei aktiver Grenzwerttestfunktion auf das Smith-Diagramm- oder Polar-Format umschalten, wird die Grenzwertlinie (oder werden die Grenzwertlinien) automatisch abgeschaltet.

Die folgenden Beispiele beziehen sich auf eine S_{21} Vorwärts-Transmissionsmessungen an dem mit dem Analysator gelieferten Bandpaßfilter. Wenn Sie die Beispiele an Ihrem Analysator nachvollziehen möchten, schließen Sie das Filter an den Analysator an, und drücken Sie folgende Tasten:

PRESET

FREQ **Center** 175 **MHz**

Span 200 **MHz**

SCALE 5 **Enter**

Reference Level –15 **Enter**

Erstellen einer horizontalen Grenzwertlinie

In diesem Beispiel wird eine Minimum-Grenzwertlinie für den Frequenzbereich von 155 MHz bis 195 MHz bei einem Pegel von –3 dB erstellt.

1. Drücken Sie zum Aktivieren des Grenzwertlinien-Menüs DISPLAY **Limit Menu** .
2. Drücken Sie zum Erstellen einer neuen Minimum-Grenzwertlinie **Add Limit** **Add Min Line** .
3. Drücken Sie **Begin Frequency** und geben Sie 155 **MHz** ein.
4. Drücken Sie **End Frequency** und geben Sie 195 **MHz** ein.
5. Drücken Sie **Begin Limit** und –3 **Enter** .
6. Drücken Sie **End Limit** und –3 **Enter** .
7. Beachten Sie, daß etwa in der horizontalen Mitte des Bildschirms eine ebene Grenzwertlinie erscheint.
8. Schalten Sie das Gitterraster ab, damit die Grenzwertlinie deutlicher hervortritt: DISPLAY **More Display** **Graticule ON off** .
9. Um zu überprüfen, ob Ihr Filter den soeben definierten Minimum-Grenzwertbedingungen entspricht, drücken Sie **Prior Menu** **Limit Menu** **Limit Test ON** .
10. Auf dem Bildschirm wird jetzt das Ergebnis des Grenzwerttests angezeigt: PASS (bestanden) oder FAIL (nicht bestanden). Wenn Sie das mit dem Analysator gelieferte Filter verwenden, sollte PASS angezeigt werden.

    Um die aktuelle Grenzwertlinie zu editieren und zu sehen, wie eine FAIL-Meldung aussieht, drücken Sie **Edit Limit** und setzen Sie **Begin Limit** und **End Limit** auf 0 dB.
11. Beachten Sie, daß auf dem Bildschirm jetzt FAIL ⚠ angezeigt wird.

HINWEIS

Sie können die Position der PASS/FAIL-Anzeige verändern, den PASS/FAIL-Text ein-/ausschalten und das FAIL-Symbol im Menü “Limit options” ein-/ausschalten. Drücken Sie DISPLAY **Limit Menu** **Limit Options** . Siehe “Anpassen der Bildschirmdarstellung” weiter unten in diesem Kapitel.

12. Bevor Sie mit dem nächsten Abschnitt fortfahren, ändern Sie die Anfangs- und Endwerte der Grenzwertlinie wieder auf –3 dB ab.

Erstellen einer geneigten Grenzwertlinie

Eine geneigte Grenzwertlinie hat unterschiedliche Anfangs- und Endwerte. In diesem Beispiel wird eine geneigte Grenzwertlinie mit einem Anfangswert von –35 dB bei 130 MHz und einem Endwert von –3 dB bei 155 MHz erstellt.

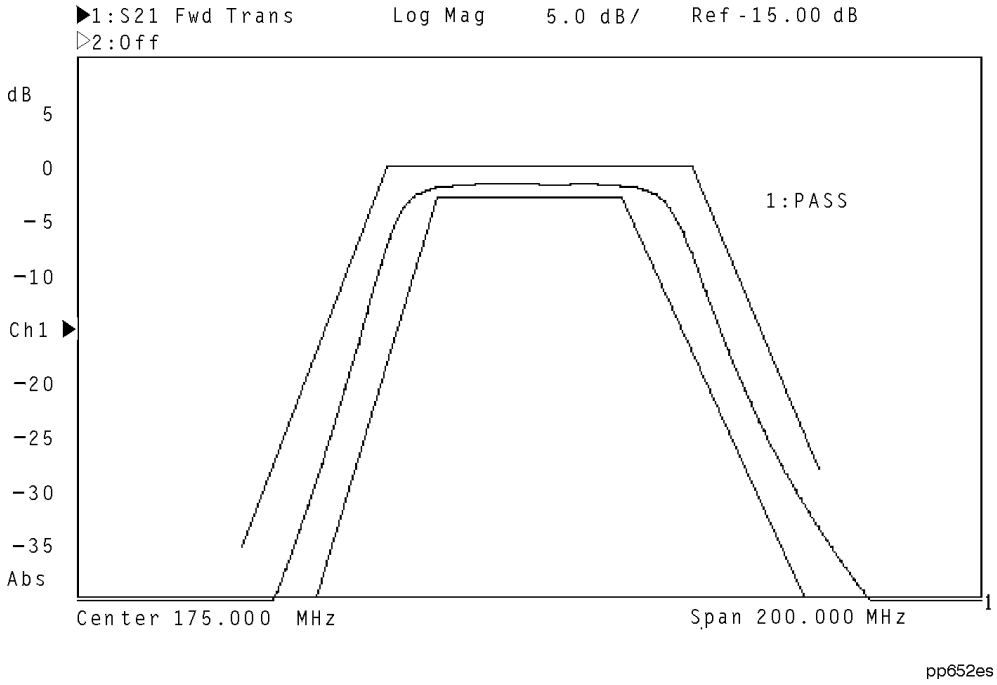
1. Drücken Sie **Prior Menu** **Add Limit** **Add Min Line** **Begin Frequency** (130) **MHz** .
2. Drücken Sie **End Frequency** (155) **MHz** .
3. Drücken Sie **Begin Limit** (–35) **Enter** .
4. Drücken Sie **End Limit** (–3) **Enter** .

HINWEIS

Beim Erstellen von Grenzwertlinien können Sie die Frequenz und die Grenzwerte wahlweise mit Hilfe des Drehknopfs oder der Tasten (⇧) (⇩) verändern oder direkt über die Zifferntastatur eingeben.

Abbildung 3-16, “Grenzwertlinien”, zeigt Grenzwertlinien zum Testen eines Bandpaßfilters. Bei der dargestellten Messung wurde ein Filter an den Analysator angeschlossen und so abgeglichen, daß sein Frequenzgang innerhalb der vorgegebenen Grenzwertlinien liegt. Die PASS/FAIL-Anzeige erlaubt eine schnelle Beurteilung des Abgleichergebnisses.

Abbildung 3-16 Grenzwertlinien



Erstellen eines Ein-Punkt-Grenzwertes

Unter Umständen interessiert lediglich der Amplitudenwert bei einer bestimmten Frequenz. In solchen Fällen können Sie einen Ein-Punkt-Grenzwert erstellen. Das folgende Beispiel bezieht sich auf die Einstellungen aus dem vorigen Beispiel und setzt voraus, daß das gemessene Bandpaßfilter bei 174 MHz eine Einfügedämpfung von weniger als 3 dB aufweist. Nachfolgend wird ein Ein-Punkt-Grenzwert von –3 dB bei 174 MHz erstellt.

VORSICHT

Bei Grenzwerttests werden nur tatsächliche Meßpunkte berücksichtigt, jedoch *keine* interpolierten Werte. Wenn Sie einen Ein-Punkt-Grenzwert vorgeben, wird dieser auf den Meßpunkt angewandt, dessen Frequenz der Frequenz des Grenzwertes am nächsten kommt. Siehe "Weitere Hinweise zu Grenzwerttests" weiter unten in diesem Kapitel.

1. Drücken Sie **Prior Menu** **Add Limit** **Add Min Point** .
2. Drücken Sie **Frequency** (174) **MHz** .
3. Drücken Sie **Limit** (–3) **Enter** .

"Marker-Limit"-Funktionen

In der "Marker Limit"-Tabelle sind die folgenden Marken-Grenzwerttesttypen verfügbar:

- Statistic: Mean
- Statistic: p-p
- Flatness
- Delta Ampl
- Delta Freq

Sie können PASS/FAIL-Grenzwerttests auf die Ergebnisse folgender "Marker Math"-Funktionen anwenden: "Statistical Mean", "Peak-to-Peak Ripple" und "Flatness". (Ausführliche Informationen über diese Suchfunktionen finden Sie unter "Markenstatistik- Funktionen" und ""Marker Flatness"- Suchfunktion" weiter oben in diesem Kapitel.) Weiterhin können Sie mit Hilfe spezieller Marken auch an Delta-Amplituden- oder Delta-Frequenz-Messungen Grenzwerttests durchführen.

Alle diese speziellen Marken-Grenzwerttestfunktionen können mit der normalen Grenzwerttestfunktion kombiniert werden.

"Statistical Mean"

1. Dieser Grenzwerttest erfordert, daß Sie zuerst mit Hilfe der Marken 1 und 2 (für Kanal 1) bzw. 3 und 4 (für Kanal 2) ein Meßkurvensegment definieren. Drücken Sie anschließend zum Aktivieren der Marken-Statistikfunktionen (MARKER) **Marker Functions** **Marker Math** **Statistics** . Weitere Informationen über die Marken-Statistikfunktionen finden Sie unter "Markenstatistik- Funktionen" weiter oben in diesem Kapitel.
2. Drücken Sie (DISPLAY) **Limit Menu** **Mkr Limits** .
3. Wählen Sie mit Hilfe des Drehknopfs oder der Tasten (⇧) (⇩) in der "Marker Limit Test"-Tabelle die Funktion `Statistic: Mean`. Aktivieren Sie diese Funktion durch **Mkr Limit on OFF** . Beachten Sie, daß der Eintrag in der Tabellenspalte "on/off" von "off" auf "on" wechselt.
4. Drücken Sie **Edit Limit (Min/Max)** **Max Limit** , geben Sie über die Tastatur den Maximum-Grenzwert ein und drücken Sie (ENTER).
5. Drücken Sie **Prior Menu** **Edit Limit (Min/Max)** **Min Limit** , geben Sie über die Tastatur den Minimum-Grenzwert ein und drücken Sie (ENTER).

HINWEIS

Beachten Sie, daß bei dieser Art von Grenzwerttest keine Grenzwertlinien oder Anzeigen auf dem Bildschirm dargestellt werden. Daher ist der Softkey **Limit Line on OFF** in dieser Betriebsart ohne Funktion.

"Peak-to-Peak Ripple"

1. Dieser Grenzwerttest erfordert, daß Sie zuerst mit Hilfe der Marken 1 und 2 (für Kanal 1) bzw. 3 und 4 (für Kanal 2) ein Meßkurvensegment definieren. Drücken Sie anschließend zum Aktivieren der Marken-Statistikfunktionen (MARKER) **Marker Functions** **Marker Math** **Statistics** . Weitere Informationen über die Marken-Statistikfunktionen finden Sie unter "Markenstatistik- Funktionen" weiter oben in diesem Kapitel.
2. Drücken Sie (DISPLAY) **Limit Menu** **Mkr Limits** .
3. Wählen Sie mit Hilfe des Drehknopfs oder der Tasten (⇧) (⇩) in der "Marker Limit Test"-Tabelle die Funktion `Statistic: pp`. Aktivieren Sie diese Funktion durch **Mkr Limit on OFF** . Beachten Sie, daß der Eintrag in der Tabellenspalte "on/off" von "off" auf "on" wechselt.

4. Drücken Sie **Edit Limit (Min/Max)** **Max Limit** , geben Sie über die Tastatur den Maximum-Grenzwert ein und drücken Sie ENTER.
5. Drücken Sie **Prior Menu** **Edit Limit (Min/Max)** **Min Limit** , geben Sie über die Tastatur den Minimum-Grenzwert ein und drücken Sie ENTER.

HINWEIS

Beachten Sie, daß bei dieser Art von Grenzwerttest keine Grenzwertlinien oder Anzeigen auf dem Bildschirm dargestellt werden. Daher ist der Softkey **Limit Line on OFF** in dieser Betriebsart ohne Funktion.

"Flatness"

1. Dieser Grenzwerttest erfordert, daß Sie zuerst mit Hilfe der Marken 1 und 2 (für Kanal 1) bzw. 3 und 4 (für Kanal 2) ein Meßkurvensegment definieren. Drücken Sie anschließend MARKER **Marker Functions** **Marker Math** **Flatness** , um die statistische Markensuche zu starten. Weitere Informationen über die Marken-Statistikfunktionen finden Sie unter "Marker Flatness"-Funktion weiter oben in diesem Kapitel.
2. Drücken Sie DISPLAY **Limit Menu** **Mkr Limits** .
3. Wählen Sie mit Hilfe des Drehknopfs oder der Tasten ⇦ ⇨ in der "Marker Limit Test"-Tabelle die Funktion `Flatness`. Aktivieren Sie diese Funktion durch **Mkr Limit on OFF** . Beachten Sie, daß der Eintrag in der Tabellenspalte "on/off" von "off" auf "on" wechselt.
4. Drücken Sie **Edit Limit (Min/Max)** **Max Limit** , geben Sie über die Tastatur den Maximum-Grenzwert ein und drücken Sie ENTER.
5. Drücken Sie **Prior Menu** **Edit Limit (Min/Max)** **Min Limit** , geben Sie über die Tastatur den Minimum-Grenzwert ein und drücken Sie ENTER.

HINWEIS

Beachten Sie, daß bei dieser Art von Grenzwerttest keine Grenzwertlinien oder Anzeigen auf dem Bildschirm dargestellt werden. Daher ist der Softkey **Limit Line on OFF** in dieser Betriebsart ohne Funktion.

"Delta Amplitude"

Dieser Marken-Grenzwerttest bezieht sich auf die Differenz zwischen der Amplitude der Marke 2 und der Amplitude der Referenzmarke 1.

1. Vor Beginn dieses Grenzwerttests müssen Sie zunächst mit der Marke 1 die Referenzamplitude vorgeben: Drücken Sie MARKER **1:** , und setzen Sie dann mit Hilfe des Drehknopfs oder der Tasten

(↑) (↓) die Marke 1 auf den gewünschten Meßpunkt. Die Amplitude des durch die Marke 1 markierten Meßpunktes wird dadurch zur Delta-Referenz für den Grenzwerttest.

2. Drücken Sie (DISPLAY) **Limit Menu** **Mkr Limits** .
3. Wählen Sie mit Hilfe des Drehknopfs oder der Tasten (↑) (↓) in der “Marker Limit Test”-Tabelle die Funktion `Delta Ampl`. Aktivieren Sie diese Funktion durch **Mkr Limit on OFF** . Beachten Sie, daß der Eintrag in der Tabellenspalte “on/off” von “off” auf “on” wechselt.
4. Drücken Sie **Edit Limit (Min/Max)** **Max Limit** , geben Sie über die Tastatur den Maximum-Grenzwert ein und drücken Sie (ENTER).
5. Drücken Sie **Prior Menu** **Edit Limit (Min/Max)** **Min Limit** , geben Sie über die Tastatur den Minimum-Grenzwert ein und drücken Sie (ENTER).

“Delta Frequency” Dieser Marken-Grenzwerttest bezieht sich auf die Differenz zwischen der Frequenz der Marke 2 und der Frequenz der Referenzmarke 1.

1. Vor Beginn dieses Grenzwerttests müssen Sie zunächst mit der Marke 1 die Referenzamplitude vorgeben: Drücken Sie (MARKER) **1:** , und setzen Sie dann mit Hilfe des Drehknopfs oder der Tasten (↑) (↓) die Marke 1 auf den gewünschten Meßpunkt. Die Frequenz des durch die Marke 1 markierten Meßpunktes wird dadurch zur Delta-Referenz für den Grenzwerttest.
2. Drücken Sie (DISPLAY) **Limit Menu** **Mkr Limits** .
3. Wählen Sie mit Hilfe des Drehknopfs oder der Tasten (↑) (↓) in der “Marker Limit Test”-Tabelle die Funktion `Delta Freq`. Aktivieren Sie diese Funktion durch **Mkr Limit on OFF** . Beachten Sie, daß der Eintrag in der Tabellenspalte “on/off” von “off” auf “on” wechselt.
4. Drücken Sie **Edit Limit (Min/Max)** **Max Limit** , geben Sie über die Tastatur den Maximum-Grenzwert ein und drücken Sie (ENTER).
5. Drücken Sie **Prior Menu** **Edit Limit (Min/Max)** **Min Limit** , geben Sie über die Tastatur den Minimum-Grenzwert ein und drücken Sie (ENTER).

Weitere Grenzwertlinienfunktionen

Bei bestimmten Meßaufgaben ist die Form einer Meßkurve von Interesse, während die absoluten Amplitudenwerte von untergeordneter Bedeutung sind. Abbildung 3-16 zeigt ein Beispiel hierfür, nämlich Grenzwertlinien für den Abgleich eines Filters auf eine bestimmte Durchlaßkurve. Wenn die Form wichtiger ist als die absoluten Amplitudenwerte, können Sie mit Hilfe der “Reference Tracking”-Funktion einen auf das Meßkurvenmaximum bezogenen Grenzwerttest durchführen.

Drücken Sie hierzu (SCALE) **Reference Tracking** **Track Peak** . Die Grenzwertlinien sind jetzt nicht mehr auf einen absoluten Amplitudenwert, sondern auf das Meßkurvenmaximum bezogen.

Weitere Informationen über die “Reference Tracking”-Funktion finden Sie unter “Automatische Referenzpunkt-Nachführung” weiter unten in diesem Kapitel.

Weitere Grenzwertlinienfunktionen

Ein-/Ausblenden von Grenzwertlinien

Mit dem Softkey **Limit Line ON off** können Sie die zuvor erstellten Grenzwertlinien auf dem Bildschirm einblenden (ON) oder vom Bildschirm ausblenden (OFF). “Ausblenden” bedeutet in diesem Fall lediglich, daß die Grenzwertlinien nicht mehr auf dem Bildschirm dargestellt werden; sie werden dadurch nicht gelöscht. Auch bei ausgeblendeten Grenzwertlinien können Sie die Grenzwerttestfunktion (PASS/FAIL) benutzen. Diesen Softkey erreichen Sie über die Tasten DISPLAY **Limit Menu** **Limit Options**.

Löschen von Grenzwertlinien

1. Eine Grenzwertlinie oder ein Grenzwertpunkt kann nur im “Limit Line”-Hauptmenü gelöscht werden.
2. Das “Limit Line”-Hauptmenü erreichen Sie über die Tasten DISPLAY **Limit Menu**.
3. Wählen Sie mit Hilfe des Drehknopfs oder der Tasten ⇧ ⇩ die zu löschende Grenzwertlinie oder den zu löschenden Grenzwertpunkt. Die ausgewählte Grenzwertlinie oder der ausgewählte Grenzwertpunkt wird in der Grenzwerttabelle unterlegt dargestellt.
4. Drücken Sie **Delete Limit**. Der Analysator gibt Ihnen daraufhin die Möglichkeit, den Löschvorgang zu stornieren, die markierte Grenzwertlinie zu löschen oder sämtliche Grenzwertlinien zu löschen.

Verschieben der PASS/FAIL-Anzeige

Sie können die PASS/FAIL-Anzeige auf eine beliebige Stelle des Bildschirms verschieben.

Wenn Sie die PASS/FAIL-Anzeige verschieben möchten, gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Drücken Sie DISPLAY **Limit Menu** **Limit Options**.
2. Drücken Sie **Limit Icon X Position** und verschieben Sie die PASS/FAIL-Anzeige mit Hilfe des Drehknopfs oder der Tasten ⇧ ⇩ entlang der horizontalen Achse an die gewünschte Stelle. Alternativ können Sie die gewünschte Horizontalposition direkt über die Zifferntastatur eingeben. Geben Sie eine Zahl zwischen 0 und 100 ein. 0 entspricht dem linken Bildschirmrand und 100 dem rechten Bildschirmrand.
3. Drücken Sie **Limit Icon X Position** und verschieben Sie die PASS/FAIL-Anzeige mit Hilfe des Drehknopfs oder der Tasten ⇧ ⇩ entlang der vertikalen Achse an die gewünschte Stelle.

Alternativ können Sie die gewünschte Vertikalposition direkt über die Zifferntastatur eingeben. Geben Sie eine Zahl zwischen 0 und 100 ein. 0 entspricht dem unteren Bildschirmrand und 100 dem oberen Bildschirmrand.

PASS/FAIL-Anzeige und Symbol ein-/ausschalten

Sie können die aus der Meßkanalnummer und dem Text PASS oder FAIL bestehende PASS/FAIL-Anzeige (Beispiel: `1:FAIL`) abschalten, indem Sie folgende Tasten drücken: DISPLAY **Limit Menu** **Limit Options** **Limit Icon ON off** .

Sie können das FAIL-Symbol abschalten, indem Sie folgende Tasten drücken: DISPLAY **Limit Menu** **Limit Options** **Limit Icon ON off** . (Es gibt lediglich ein FAIL-Symbol, aber kein PASS-Symbol).

Während der Eingabe von Grenzwerten eine Marke verwenden

Wenn Sie MARKER drücken, erscheint eine Marke. Diese Marke können Sie dazu verwenden, die Amplitude oder Frequenz eines einen interessierenden Meßpunktes zu bestimmen.

Weitere Hinweise zu Grenzwerttests

Stimulus- und Amplitudenwerte

In der Betriebsart Frequenzwobbelung werden die Stimuluswerte als Frequenzen interpretiert; in der Betriebsart Pegelwobbelung werden die Stimuluswerte als Amplitudenwerte interpretiert.

VORSICHT

Die Stimulus- und Amplitudenwerte sind dimensionslos. Wenn Sie nach der Eingabe von Grenzwertlinien das Darstellungsformat für die Meßergebnisse ändern, werden die Amplitudenwerte nicht automatisch angepaßt. Deshalb sollten Sie das gewünschte Darstellungsformat stets *vor* der Eingabe der Grenzwertlinien wählen.

Frequenz eines Meßpunktes berechnen

Die Frequenzen der einzelnen Meßpunkte werden nach folgender Gleichung berechnet:

$$Freq(\ Punktnummer\ ) = \frac{(\ Punktnummer\ - 1) \times (StartFreq - \ StartFreq\ )}{Anzahl\ der\ Messpunkte\ - 1} + \ StartFreq$$

wobei *Punktnummer* von 1 (erste Meßpunkt, am linken Bildschirmrand) bis *Anzahl der Punkte* (letzter Meßpunkt, am rechten Bildschirmrand) reicht.

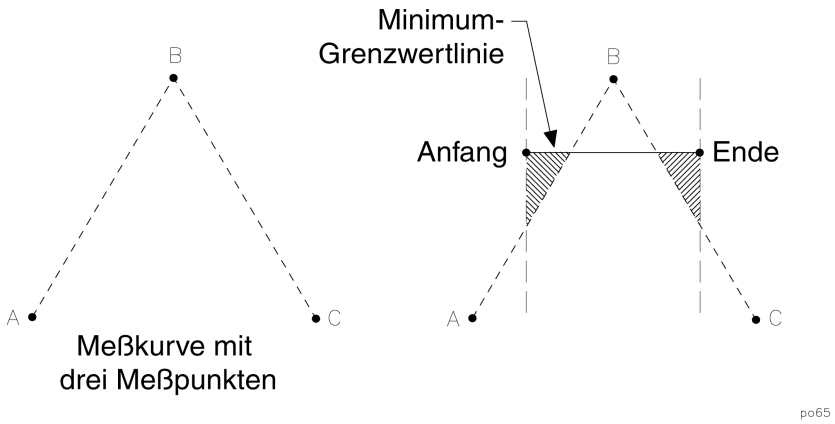
Grenzwerttest und Meßpunkte

Bei Grenzwerttests werden nur tatsächliche Meßpunkte berücksichtigt, jedoch *keine* interpolierten Werte. Die vorgegebenen Grenzwertlinien oder -punkte werden bei jedem einzelnen Meßpunkt in Werte umgewandelt. In den meisten Fällen ist dies für die Validität von Grenzwerttests ohne Bedeutung. In den nachfolgend beschriebenen Ausnahmesituationen kann es jedoch bei Grenzwerttests zu Problemen kommen.

Beispiel 1

Bei Messungen mit einer kleinen Anzahl von Meßpunkten müssen Sie beim Erstellen von Grenzwertlinien besonders sorgfältig verfahren, um verwirrende Ergebnisse zu vermeiden. Die folgenden Abbildungen zeigen eine Meßkurve mit nur drei Meßpunkten (A, B und C) und einer Minimum-Grenzwertlinie.

Abbildung 3-17 Grenzwertlinien, Beispiel 1



In diesem Beispiel liegt der Anfang der Grenzwertlinie, in Bezug auf die Frequenzachse, zwischen den Punkten A und B. Das Ende der Grenzwertlinie liegt, in Bezug auf die Frequenzachse, zwischen den Punkten B und C. Zwischen dem Anfang und dem Ende der Grenzwertlinie liegt nur ein einziger Meßpunkt. In diesem Fall liefert der Grenzwerttest das Ergebnis PASS liefern, obwohl die im schraffierten Bereich liegenden (bei der Messung nicht erfaßten) Amplituden durchaus unterhalb der Minimum-Grenzwertlinie liegen können. Für eine sinnvolle Messung sind daher zusätzliche Meßpunkte erforderlich.

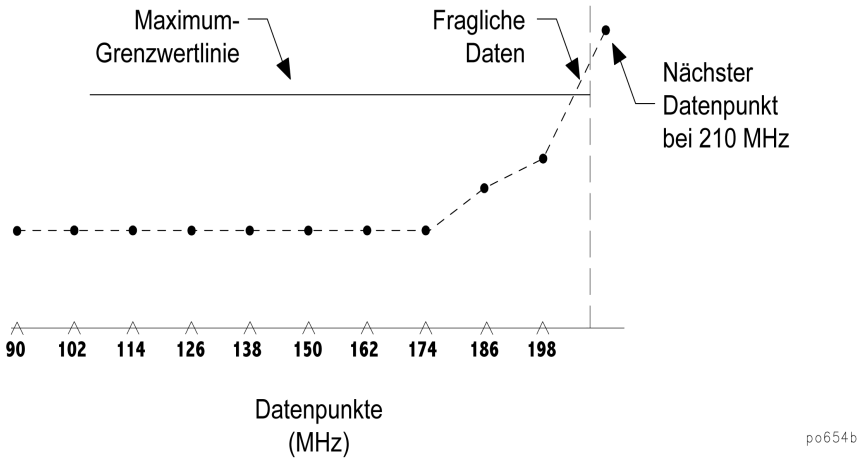
Beispiel 2

In diesem Beispiel wurde der Analysator folgendermaßen konfiguriert:

- Start-Frequenz = 90 MHz
- Stop-Frequenz = 210 MHz
- Anzahl der Meßpunkte = 11
- Anfangspunkt der Maximum-Grenzwertlinie bei der Frequenz 90 MHz
- Endpunkt der Maximum-Grenzwertlinie bei der Frequenz 200 MHz

Betrachten Sie die untenstehende Abbildung. Bei 199 MHz überschreitet die Meßkurve die vorgegebene Maximum-Grenzwertlinie; das Grenzwerttestergebnis müßte daher FAIL lauten. Da jedoch der letzte *getestete* Meßpunkt bei 198 MHz liegt, wird fälschlicherweise PASS angezeigt. Der letzte angezeigte Meßpunkt (bei 210 MHz) wird beim Grenzwerttest nicht berücksichtigt, weil er oberhalb der Endfrequenz der Grenzwertlinie (200 MHz) liegt.

Abbildung 3-18 Grenzwertlinien, Beispiel 2



Automatische Referenzpunkt-Nachführung

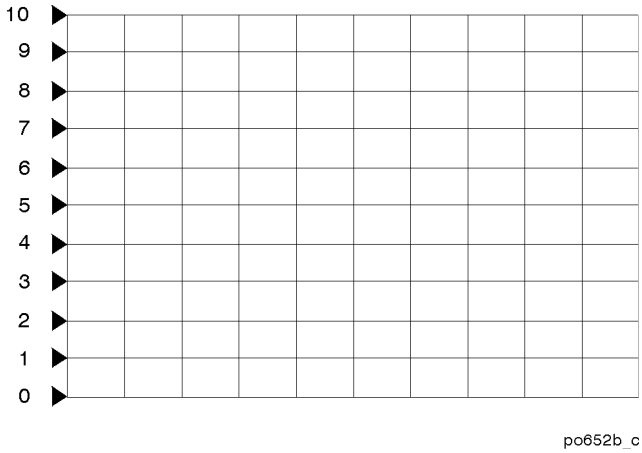
Die “Reference Tracking”-Funktionen ermöglichen es Ihnen, das Meßkurvenmaximum oder die Amplitude bei einer ausgewählten Frequenz auf einem bestimmten Punkt des Bildschirms zu “fixieren”. Zu diesem Zweck wird der Referenzpegel in jedem Wobbelzyklus automatisch in der Weise angepaßt, daß der interessierende Punkt exakt auf der Referenzlinie liegt.

In der Betriebsart “Reference Tracking” werden die Markenwerte bezogen auf den interessierenden Punkt angezeigt. Das gleiche gilt für etwaige Grenzwertlinien. Wenn die Form der Meßkurve wichtiger ist als die absoluten Amplitudenwerte, können Sie relative Grenzwertlinien verwenden. Ausführliche Informationen über relative Grenzwertlinien finden Sie unter “Weitere Grenzwertlinienfunktionen” weiter oben in diesem Kapitel.

Nachführung des Meßkurvenmaximums

1. Wenn Sie die (am linken Bildschirmrand durch das Symbol ▶ gekennzeichnete) Referenzposition verändern möchten, drücken Sie SCALE **Reference Position** und wählen Sie mit Hilfe des Drehknopfs oder der Tasten ⇧ ⇩ oder durch direkte Eingabe über die Zifferntastatur die neue Referenzposition. Die möglichen Referenzpositionen sind von 0 bis 10 numeriert. Siehe Abbildung 3-19, “Referenzpositionen”.

Abbildung 3-19 Referenzpositionen



2. Drücken Sie SCALE **Reference Tracking** **Track Peak**. Der Referenzpegel wird jetzt in jedem Wobbelzyklus automatisch in der Weise angepaßt, daß das Meßkurvenmaximum exakt auf der Referenzlinie liegt. Beachten Sie, daß die Y-Achse jetzt in relativen Einheiten skaliert ist; alle Amplitudenwerte sind jetzt auf die Referenzlinie bezogen.

3. Drücken Sie zum Abschalten der “Reference tracking”-Funktion SCALE **Reference Tracking** **OFF**. Die Y-Achse und der Referenzpegel sind jetzt wieder für absolute Messungen konfiguriert.

Nachführung einer Frequenz

1. Wenn Sie die (am linken Bildschirmrand durch das Symbol ▶ gekennzeichnete) Referenzposition verändern möchten, drücken Sie SCALE **Reference Position** und wählen Sie mit Hilfe des Drehknopfs oder der Tasten ⇧ ⇩ oder durch direkte Eingabe über die Zifferntastatur die neue Referenzposition. Die möglichen Referenzpositionen sind von 0 bis 10 numeriert. Siehe Abbildung 3-19.
2. Drücken Sie SCALE **Reference Tracking** **Set Track Frequency**. Wählen Sie mit Hilfe des Drehknopfs oder der Tasten ⇧ ⇩ oder durch direkte Eingabe über die Zifferntastatur die gewünschte Frequenz.
3. Drücken Sie SCALE **Reference Tracking** **Track Frequency**. Der Referenzpegel wird jetzt in jedem Wobbelzyklus automatisch in der Weise angepaßt, daß der Amplitudenwert bei der interessierenden Frequenz exakt auf der Referenzlinie liegt. Beachten Sie, daß die Y-Achse jetzt in relativen Einheiten skaliert ist; alle Amplitudenwerte sind jetzt auf die Referenzlinie bezogen. Beachten Sie außerdem, daß unter der Meßkurve an dem Schnittpunkt zwischen dem Amplitudenwert der interessierenden Frequenz und der Referenzlinie ein kleiner Pfeil angezeigt wird.
4. Drücken Sie zum Abschalten der “Reference tracking”-Funktion SCALE **Reference Tracking** **OFF**. Die Y-Achse und der Referenzpegel sind jetzt wieder für absolute Messungen konfiguriert.

Anpassen der Bildschirmdarstellung

Sie haben die Möglichkeit, die Bildschirmdarstellung in vielfältiger Weise an Ihre Bedürfnisse anzupassen:

- Sie können wählen, ob einer oder beide Kanäle dargestellt werden sollen, und ob für die zweikanalige Darstellung separate Bildschirmfenster verwendet werden sollen.
- Sie können Anzeigeelemente wie z. B. das Gitterraster oder die Grenzwertlinien ein-/ausschalten.
- Sie können die meisten Bildschirmanzeigen modifizieren oder ein-/ausschalten.
- Sie können die Meßkurve bis auf volle Bildschirmgröße vergrößern und alle Anzeigen außer den Markenwerten abschalten.

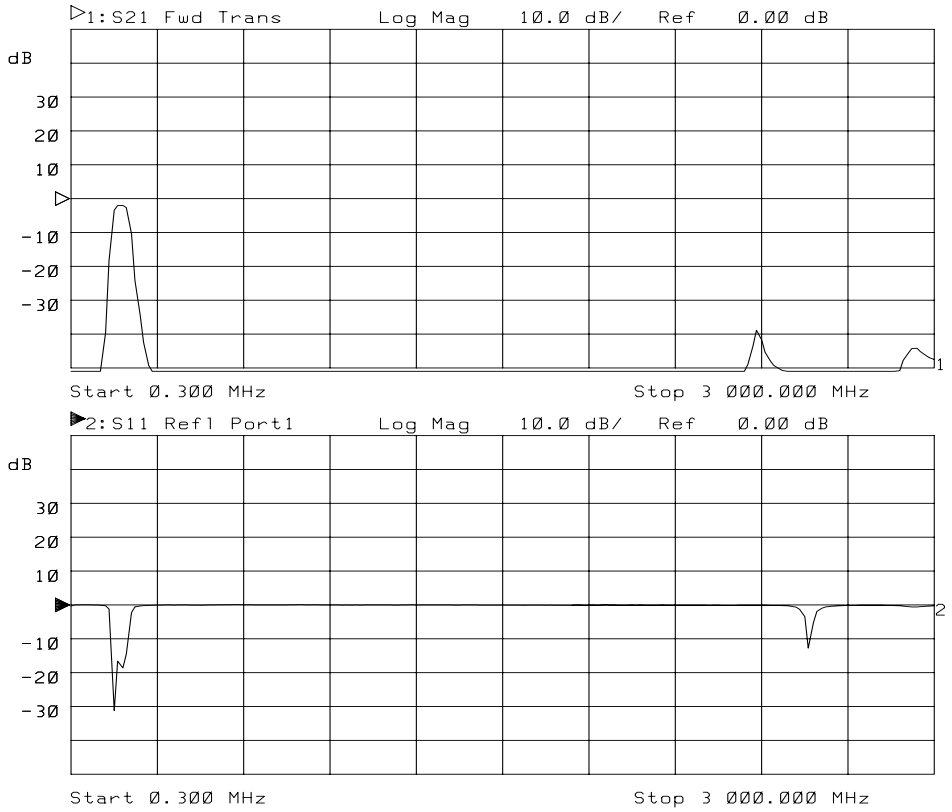
Weitere Informationen über die Anpassung der Bildschirmdarstellung finden Sie unter “Displaying Measurement Results” im *Automating Measurements User’s Guide Supplement*.

“Split Display”-Funktion

Bei zweikanaligen Messungen können Sie wählen, ob die beiden Kanäle innerhalb des gleichen Koordinatensystems oder in separaten Koordinatensystemen (“Split Display”, unterteilter Bildschirm) dargestellt werden sollen.

Drücken Sie zur Wahl der Betriebsart “Split display” DISPLAY **More Display** **Split Disp FULL split** . Siehe Abbildung 3-20.

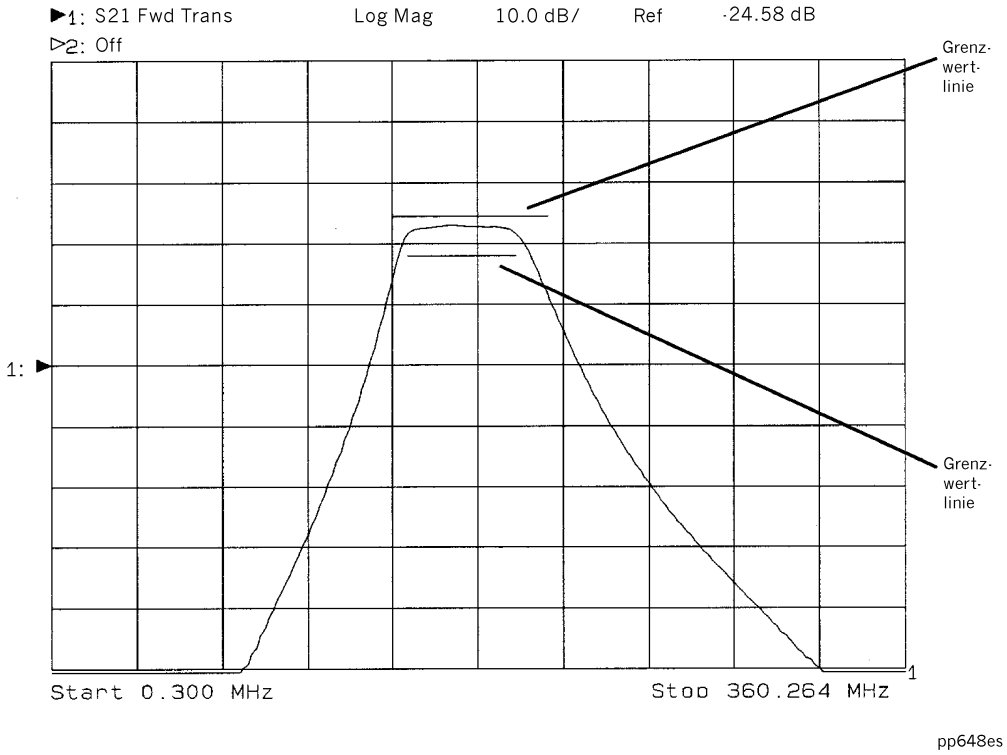
Abbildung 3-20 Betriebsart “Split Display”



Ein-/Ausschalten von Anzeigeelementen

Abbildung 3-21 zeigt eine Bildschirmdarstellung mit Gitterrasterlinien und zwei Grenzwertlinien. Im Preset-Zustand sind diese Anzeigeelemente eingeschaltet.

Abbildung 3-21 Anzeigeelemente



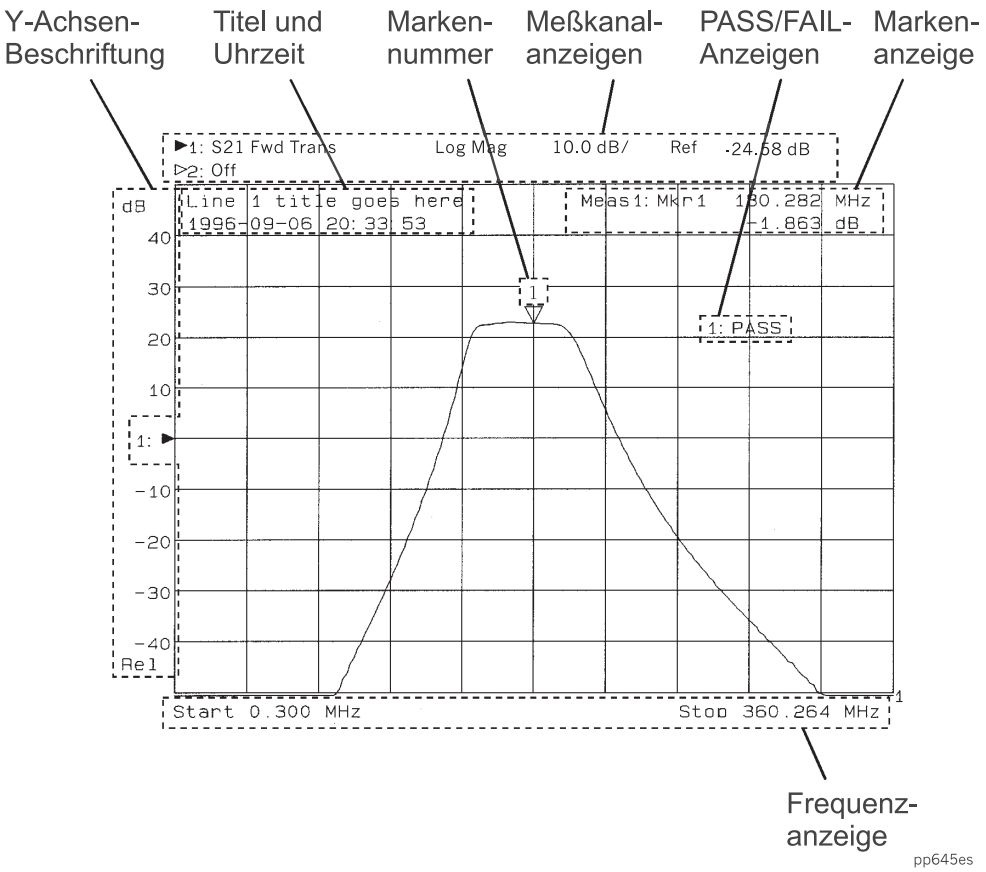
1. Durch (DISPLAY) **More Display** **Graticule ON off** können Sie das Gitterraster ein-/ausschalten.
2. Durch (DISPLAY) **Limit Menu** **Limit Options** **Limit Line on OFF** können Sie die Grenzwertlinien oder Grenzwertpunkte ein-/ausschalten. (Die Abschaltung der Grenzwertlinien oder -punkte bewirkt *keine* automatische Abschaltung der Grenzwerttestfunktion).

HINWEIS Die Delta-Amplituden- und Delta-Frequenz-Anzeigen sind nicht abschaltbar.

Modifizieren von Anzeigefeldern

Wenn Sie Ihren Analysator zum ersten Mal einschalten oder ihn mit der Taste PRESET in die Grundeinstellung bringen, sind die meisten Anzeigefelder sichtbar. Bei Bedarf können Sie einige davon abschalten, um die Bildschirmdarstellung an Ihre Bedürfnisse anzupassen. Abbildung 3-22, “Anzeigefelder”, zeigt die verschiedenen Anzeigefelder. Einige davon können Sie modifizieren, und alle können Sie ein- oder ausschalten.

Abbildung 3-22 Anzeigefelder



Die folgenden Anzeigefelder können modifiziert oder ein-/ausgeschaltet werden:

- Meßdiagrammtitel und Datum/Uhrzeit
- Meßkanalanzeigen
- Frequenzanzeige
- Markenanzeige
- Markennummer
- Y-Achsen-Beschriftung
- Y-Achse (relative oder absolute Skala)
- PASS/FAIL-Anzeige
- Grenzwerttestsymbol
- Position der PASS/FAIL-Anzeige

Meßdiagrammtitel und Uhrzeit

Der Meßdiagrammtitel besteht aus zwei Textzeilen. Im Preset-Zustand ist dieses Anzeigefeld ausgeschaltet. Wenn Sie die Titelzeile einschalten (DISPLAY **More Display** **Title and Clock**) ist die erste Zeile leer, und in der zweiten Zeile werden Datum und Uhrzeit angezeigt.

Im Menü **Title and Clock** können Sie diese beiden Zeilen modifizieren. Datum/Uhrzeit können in der ersten oder zweiten Zeile angezeigt oder abgeschaltet werden. In beide Zeile können Sie bis zu 30 Textzeichen eingeben.

HINWEIS

In der Bildschirmbetriebsart “Split Display” wird die Zeile 1 oberhalb des Meßdiagramms für Kanal 1 angezeigt und die Zeile 2 oberhalb des Meßdiagramms für Kanal 2.

Mit folgender Tastenfolge können Sie den Meßdiagrammtitel und die Datum/Uhrzeit-Anzeige ein-/ausschalten: DISPLAY **More Display** **Title and Clock** **Title+Clk ON off**.

Meßkanalanzeigen

Die Meßkanalanzeigen am oberen Bildschirmrand können mit Hilfe von SCPI-Befehlen modifiziert werden. Weitere Informationen hierzu finden Sie im *Automating Measurements User’s Guide Supplement*.

Durch folgende Tastenfolge können Sie die Meßkanalanzeige ein-/ausschalten: DISPLAY **More Display** **Annotation Options** **Meas Annot ON off**.

Frequenzanzeige

Die Frequenzanzeige unterhalb der X-Achse kann mit Hilfe von SCPI-Befehlen modifiziert werden. Weitere Informationen hierzu finden Sie im *Automating Measurements User's Guide Supplement*.

Durch folgende Tastenfolge können Sie die Frequenzanzeige ein-/ausschalten: DISPLAY **More Display** **Annotation Options** **Freq Annot ON off**.

Markenanzeige

Durch folgende Tastenfolge können Sie die in der oberen rechten Ecke des Bildschirms erscheinenden Markenanzeige ein-/ausschalten: DISPLAY **More Display** **Annotation Options** **Mkr Annot ON off**.

Markennummer

Durch folgende Tastenfolge können Sie die oberhalb oder unterhalb der Markensymbole angezeigten Markennummern ein-/ausschalten: DISPLAY **More Display** **Annotation Options** **Mkr Number ON off**.

Y-Achsen-Beschriftung

Mit folgender Tastenfolge können Sie zwischen absoluter (ABS) oder relativer (REL) Skala wählen: DISPLAY **More Display** **Annotation Options** **Y-Axis Lbl rel ABS**. In der Betriebsart ABS werden die absoluten Werte der horizontalen Gitterrasterlinien angezeigt; in der Betriebsart REL werden die auf die Referenzlinie bezogenen Werte angezeigt.

Durch folgende Tastenfolge können Sie die Y-Achsen-Beschriftung ein-/ausschalten: DISPLAY **More Display** **Annotation Options** **Y-Axis Lbl ON off**.

PASS/FAIL-Anzeige für Grenzwerttest

Sie können die PASS/FAIL-Anzeige auf eine beliebige Stelle des Bildschirms verschieben. Drücken Sie hierzu DISPLAY **Limit Menu** **Limit Options**. Drücken Sie anschließend **Limit Icon X Position** bzw. **Limit Icon Y Position**, und wählen Sie die gewünschte Position.

Durch folgende Tastenfolge können Sie den PASS/FAIL-Anzeigetext ein-/ausschalten: DISPLAY **Limit Menu** **Limit Options** **Limit Text on OFF**.

Durch folgende Tastenfolge können Sie die PASS/FAIL-Anzeige ein-/ausschalten: ⚠ DISPLAY **Limit Menu** **Limit Options** **Limit Icon on OFF**.

Maximieren des Meßdiagramms

Normalerweise werden auf dem Bildschirm außer dem Meßdiagramm auch noch das Softkey-Menü und die Anzeigen dargestellt; diese zusätzlichen Informationen beschränken die Größe des Meßdiagramms. Bei Bedarf können Sie die zusätzlichen Informationen (mit Ausnahme der innerhalb des Gitterrasters erscheinenden Anzeigen) abschalten und dadurch das Meßdiagramm maximieren. Bei maximiertem Meßdiagramm werden außerdem die innerhalb des Gitterrasters angezeigten Informationen in größerer Schrift dargestellt und sind dadurch besser lesbar.

Wenn Sie das Meßdiagramm maximieren möchten, gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Drücken Sie (DISPLAY) **More Display** **Expand ON off** .
2. Drücken Sie (ENTER).

   Anschließend können Sie, solange bis Sie die Betriebsart “Expand” durch nochmalige Betätigung des Softkeys **Expand on OFF** abschalten, mit der Taste (ENTER) zwischen der maximierten und der normalen Bildschirmdarstellung umschalten.

HINWEIS

Weil die Taste (ENTER) auch zum Abschließen von Eingaben dient, kann es erforderlich sein, die Taste (ENTER) zweimal zu drücken.

Die folgenden Abbildungen verdeutlichen den Unterschied zwischen normaler und maximierter Darstellung.

Abbildung 3-23 Normale Darstellung

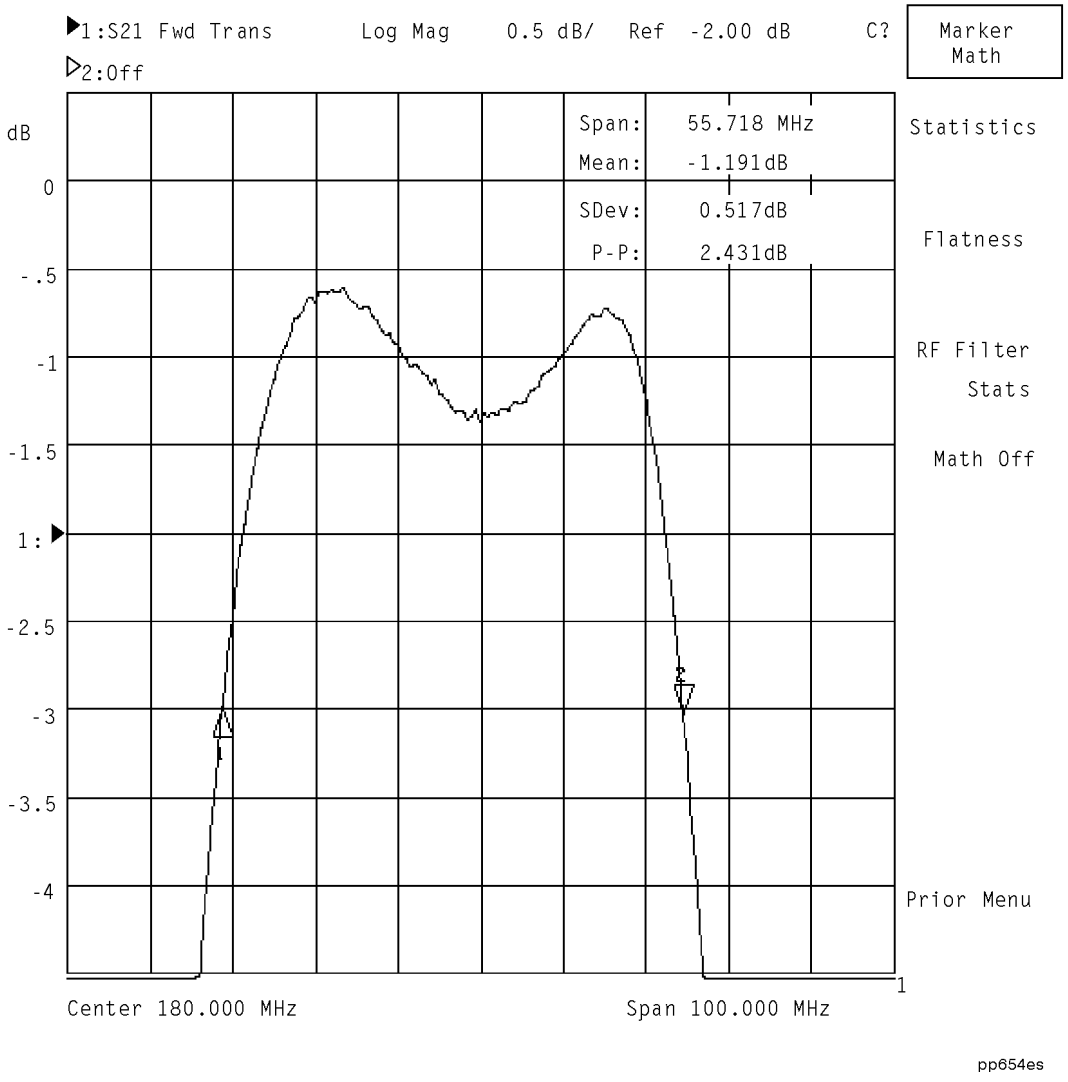
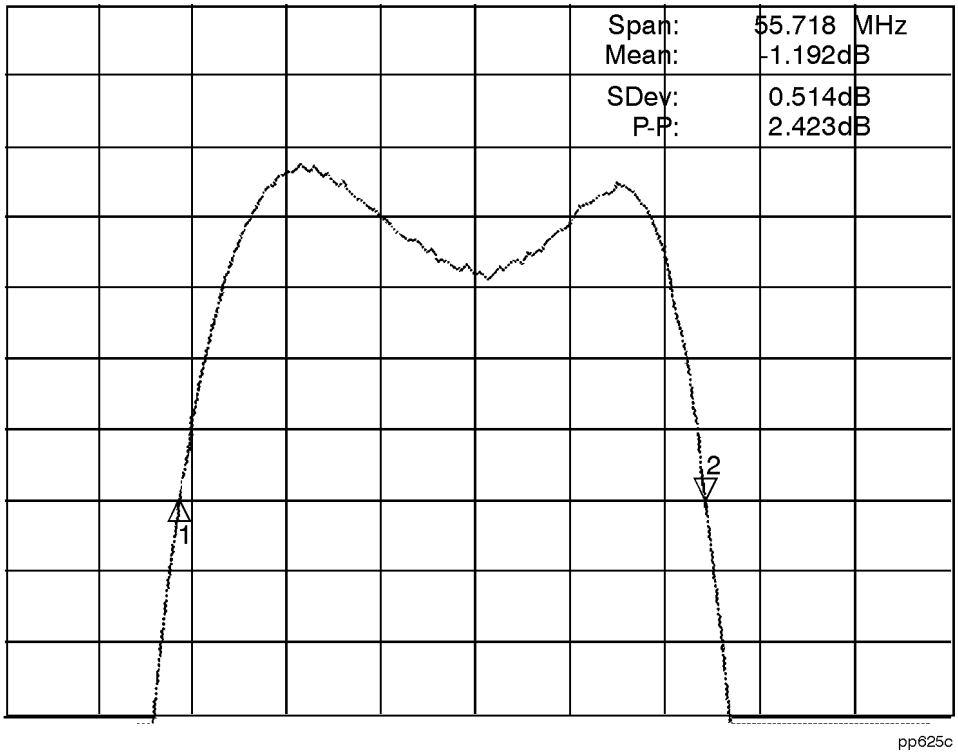


Abbildung 3-24 Maximierte Darstellung



Abspeichern von Meßergebnissen und Abrufen gespeicherter Meßergebnisse

Der Netzwerkanalysator bietet die Möglichkeit, folgende Informationen in den Internspeicher oder auf eine DOS-formatierte 3,5”-Diskette abzuspeichern:

Instrument State Dieser Datensatz beinhaltet alle Stimulus- und Response-Parameter, die den Analysator für eine bestimmte Messung konfigurieren; hierzu zählen Marken, Grenzwertlinien, gespeicherte Meßkurven und benutzerdefinierte Kalibrier-Kits. (Eine Liste aller abgespeicherten Parameter finden Sie auf den sieben Bildschirmfenstern, die Sie über den Softkey **Operating Parameters** abrufen können.) Es werden stets die Einstellungen für beide Meßkanäle abgespeichert bzw. abgerufen.

Cal Dieser Datensatz beinhaltet die Korrekturfaktoren, die der Analysator bei der Durchführung einer Kalibrierung ermittelt. Es werden stets die Kalibrierdaten für beide Meßkanäle abgespeichert bzw. abgerufen.

Data Dieser Datensatz beinhaltet die aktuelle Meßkurve.

Sie können eine beliebige Kombination der drei genannten Datensätze abspeichern und später wieder abrufen. Sie können außerdem die Meßkanaldaten in eine ASCII-Datei abspeichern, um sie beispielsweise in ein Tabellenkalkulations- oder CAE-Programm zu importieren.

HINWEIS Der Softkey **Cal on OFF** befindet sich standardmäßig in der Stellung OFF. Wenn Sie diesen Softkey in die Stellung ON bringen, werden die Kalibrierdaten automatisch zusammen mit der Geräteeinstellung abgespeichert.

HINWEIS

Spezieller Hinweis für Besitzer eines älteren Analysatormodells (HP 8711A, HP 8711B/12B/13B/14B, HP 8711C/12C/13C/14C)

Wenn Sie einen der genannten Netzwerkanalysator besitzen, sollten Sie folgendes beachten:

- Die “A”- und “B”-Versionen dieser Analysatoren ermöglichten es, Daten auf eine LIF-formatierte Diskette abzuspeichern. Die “C”-Version und die neue “E”-Version können LIF-formatierte Disketten zwar lesen, aber nicht beschreiben.
- Das Dateiformat für die “A”- und “B”-Versionen unterscheidet sich von dem für die “C”- und “E”-Versionen. Beim Abspeichern von Daten können Sie zwischen einem Format wählen, das mit mit älteren Analysatoren kompatibel ist (**HP 8711A/B Compatible**), (**HP 8711C Compatible**), oder in einem Format, das nur mit der “E”-Version kompatibel ist (**HP 8712E Compatible**). Siehe “Daten definieren und abspeichern” weiter unten in diesem Kapitel.

Abspeichern der Geräteeinstellung

Wenn Sie Daten in eine Datei abspeichern, gibt der Analysator automatisch einen Standard-Dateinamen vor. Bei Bedarf können Sie diesen Standard-Dateinamen nach dem Abspeichern durch einen anwendungsbezogen und dadurch aussagekräftigeren Namen ersetzen, oder die Datei mit Hilfe der **Re-Save State** -Funktion gleich unter einem anwendungsbezogenen Namen abspeichern. Informationen über das Ändern von Dateinamen finden Sie unter "Weitere Dateifunktionen" weiter unten in diesem Kapitel. Wenn Sie eine Datei mit Hilfe der **Re-Save State** Funktion abspeichern, können Sie den Dateinamen auf zweierlei Weise eingeben:

- Geben Sie den Dateinamen über eine externe, am rückseitigen Anschluß DIN KEYBOARD angeschlossene Tastatur ein. (Informationen über die Verwendung einer externen Tastatur finden Sie unter "Verwendung einer externen Tastatur" weiter unten in diesem Kapitel).
- Drücken Sie (SAVE RECALL) **Re-Save State** . Wählen Sie mit Hilfe des Drehknopfs nacheinander die gewünschten Zeichen und drücken Sie jedesmal den Softkey **Select char** . Drücken Sie zum Abschließen der Eingabe **Enter** .

Speichermedium wählen

1. Wenn Sie die Daten auf eine Diskette abspeichern möchten, legen Sie eine DOS-formatierte Diskette in das Diskettenlaufwerk ein. Falls Sie keine formatierte Diskette zur Hand haben, müssen Sie zunächst eine Diskette formatieren. Siehe hierzu "Formatieren einer Diskette" weiter unten in diesem Kapitel.
2. Drücken Sie (SAVE RECALL) **Select Disk** , und wählen Sie das gewünschte Speichermedium:
   - Drücken Sie **Non-Vol RAM Disk** , wenn Sie die Daten in den nichtflüchtigen Internspeicher abspeichern möchten. (Nichtflüchtig bedeutet, daß die gespeicherten Daten beim Ausschalten des Analysators nicht verloren gehen). Dies ist das Standard-Speichermedium.
   - Drücken Sie **Volatile RAM Disk** , wenn Sie die Daten in den flüchtigen Internspeicher abspeichern möchten. (Flüchtig bedeutet, daß die gespeicherten Daten beim Ausschalten des Analysators verloren gehen).

- ❏ Sie können den flüchtigen Internspeicher folgendermaßen konfigurieren: Drücken Sie den Softkey **Configure VOL_RAM**.
- ❏ Daraufhin wird die derzeitige prozentuale Aufteilung der verfügbaren Speicherkapazität auf RAM-Disk (flüchtiger Internspeicher) und IBASIC-Speicher angezeigt.
- ❏ Sie können die Aufteilung verändern, indem Sie **Modify Size** drücken und dann die gewünschte Aufteilung vorgeben.
- ❏ Die neue Aufteilung wird erst nach dem Aus- und Wiedereinschalten des Analysators wirksam.

- Wenn Sie die Daten auf die im Diskettenlaufwerk liegende Diskette abspeichern möchten, drücken Sie **Internal 3.5" Disk**. (Es können nur MS-DOS-formatierte Disketten verwendet werden).

Daten definieren und abspeichern

1. Drücken Sie **Prior Menu** **Define Save**.
   - Drücken Sie **Inst State OFF**, wenn die Geräteeinstellung *nicht* abgespeichert werden soll. (In diesem Fall werden nur die Meßdaten abgespeichert).
   - Drücken Sie **Cal ON**, wenn die Kalibrierdaten abgespeichert werden sollen.
   - Drücken Sie **Data ON**, wenn die auf dem Bildschirm dargestellten Meßdaten abgespeichert werden sollen.

HINWEIS

Beachten Sie, daß der Softkey **Inst State** automatisch in die Stellung ON gebracht wird, wenn der Softkey CAL in die Stellung ON gebracht wird.

2. Drücken Sie zum Abspeichern der Geräteeinstellung **Prior Menu** **Save State**.

   Auf dem Bildschirm wird der Dateiname STATE#.STA angezeigt (wobei # eine Nummer im Bereich von 0 bis 999 ist, die Analysator automatisch vorgegeben wird).

3. Wenn Sie ein älteres Netzwerkanalysatormodell (HP 8711A, HP 8711B/12B/13B/14B, HP 8711C/12C/13C/14C) besitzen und Sie die Datei in einen dieser Analysatoren einlesen möchten, wählen Sie **File Format** , **HP 8711A/B Compatible** oder **HP 8711C Compatible** .
4. Wenn die Datei nicht mit einem älteren Netzwerkanalysatormodell kompatibel sein muß, sollten Sie stets **File Format** **HP 8712E Compatible** wählen. Dies ist das Standardformat.

Meßdaten im ASCII-Format abspeichern

Sie können Meßdaten auch in einem ASCII-Format abspeichern, das mit vielen PC-Softwarepaketen kompatibel ist.

Wenn Sie die Meßkurve als ASCII-Datei abspeichern möchten, gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Drücken Sie SAVE RECALL **Select Disk** , und wählen Sie mit dem entsprechenden Softkey das gewünschte Speichermedium. (Siehe “Speichermedium wählen” weiter oben in diesem Kapitel.)
2. Drücken Sie **Prior Menu** **Define Save** **Save ASCII** .
   a. Wählen Sie **Lotus 123 Format** oder **Touchstone Format** .
      - Das **Lotus,1-2-3,**-Format ist ein zweispaltiges Tabellenformat, das mit vielen PC-Softwarepaketen kompatibel ist. Die Spalte 1 enthält die Frequenzwerte und die Spalte 2 die zugehörigen Amplitudenmeßwerte.
      - Das **Touchstone**-Format (das auch als S2P-Datenformat bezeichnet wird) eignet sich für den Import von Meßdaten in CAE-Programme wie z. B. HP MDS (Microwave Design System) oder HP ADS (Advanced Design System).

   b. Wählen Sie **Save Meas 1** oder **Save Meas 2** , je nachdem, ob die Meßdaten von Kanal 1 oder Kanal 2 abgespeichert werden sollen.
3. Auf dem Bildschirm wird ein Standard-Dateiname der Form `TRACE#.PRN` (für Lotus 1-2-3 Dateien) oder `TRACE#.S1P` (für Touchstone-Dateien) angezeigt, wobei # eine Nummer im Bereich von 0 bis 999 ist, die vom Analysator automatisch vorgegeben wird.

HINWEIS

Beachten Sie, daß Ihr Analysator nur MS-DOS-formatierte Disketten beschreiben kann.

Abrufen gespeicherter Daten von einer Diskette oder aus dem Internspeicher

Meßergebnisse, die als STATE-Dateien abgespeichert wurden, können bei Bedarf jederzeit wieder abgerufen (das heißt, in den Analysator zurückgeladen) werden. Anschließend können Sie diese Meßergebnisse mit aktuellen Meßergebnissen vergleichen. Der Analysator kann sowohl eine Daten- als auch eine Speicher-Meßkurve für jeden Meßkanal darstellen. Die Daten-Meßkurve wird abgespeichert, wenn Sie im Menü **Define Sa** die Option **Data ON** wählen. Die Speicher-Meßkurve wird grundsätzlich zusammen mit der Geräteeinstellung abgespeichert. Beim Abrufen einer Datei von einer Diskette oder aus dem Internspeicher werden diese Meßkurven automatisch wieder dargestellt.

Kalibrierdaten sind mit der Geräteeinstellung und den Meßparametern verknüpft, für welche die Kalibrierung durchgeführt wurde. Gespeicherte Kalibrierdaten können für mehrere Geräteeinstellungen verwendet werden, sofern die Meßparameter, der Frequenzbereich und die Anzahl der Meßpunkte übereinstimmen. Weitere Informationen hierzu siehe Kapitel 5, “Verbessern der Meßgenauigkeit durch Kalibrierung”.

1. Drücken Sie (SAVE RECALL) **Select Disk** , und drücken Sie den Softkey für das gewünschte Speichermedium.
2. Falls erforderlich, wählen Sie das Verzeichnis, in dem sich die gewünschte Datei befindet. Einzelheiten hierzu siehe “Verzeichnisfunktionen” im nächsten Abschnitt.
3. Drücken Sie **Prior Menu** und setzen Sie den Markierbalken mit Hilfe des Drehknopfs auf die Datei, die Sie abrufen möchten.
4. Drücken Sie **Recall State** , um die markierte Datei abzurufen.

Schnelles Abrufen einer Datei

Die “Fast Recall”-Funktion ermöglicht es Ihnen, eine Geräteeinstellung mit nur einem oder zwei Tastendrücken abzurufen *oder* mit Hilfe eines Fuß- oder Handschalters nacheinander bis zu sieben verschiedene Geräteeinstellungen abzurufen.

1. Drücken Sie (SAVE RECALL).
2. Wenn im Meßdiagrammbereich eine Liste der auf dem gewählten Speichermedium enthaltenen Dateien angezeigt wird, ist die “Fast Recall”-Funktion abgeschaltet.

Wenn der Meßdiagrammbereich unverändert bleibt, ist die “Fast Recall”-Funktion eingeschaltet. Wenn Sie die nachfolgenden Schritte an Ihrem Analysator nachvollziehen möchten, schalten Sie die “Fast Recall”-Funktion durch Drücken des Softkeys **Fast Recall ON off** ab.

3. Falls erforderlich, wählen Sie die interne nichtflüchtige RAM-Disk: **Select Disk** **Non-Vol RAM Disk** .
4. Fall Sie zuvor Dateien auf dieses Speichermedium abgespeichert haben, werden diese jetzt auf dem Bildschirm aufgelistet.
5. Die “Fast Recall”-Funktion berücksichtigt nur die ersten sieben der aufgelisteten Dateien, die Geräteeinstellungen, Kalibrierdaten oder Meßdaten enthalten.
6. Wenn Sie bisher noch keine Dateien auf dieses Speichermedium abgespeichert haben, müssen Sie, bevor Sie die nachfolgenden Schritte an Ihrem Analysator nachvollziehen, zunächst einige Geräteeinstellungen abspeichern.
7. Drücken Sie **Prior Menu** **FastRecall on OFF** . Beachten Sie, daß das Koordinatensystem wieder auf dem Bildschirm erscheint, und daß den ersten sieben Softkeys jetzt Dateinamen zugeordnet sind. (Falls einer der Softkeys ohne Funktion ist, liegt dies daran, daß das gewählte Speichermedium weniger als sieben Dateien enthält).

   Die Dateinamen erscheinen in der gleichen Reihenfolge wie in der Verzeichnistabelle des Speichermediums.

HINWEIS

Mit Hilfe der **Rename File** -Funktion können Sie Ihren Dateien anwendungsbezogene Namen geben. Siehe “Weitere Dateifunktionen” weiter unten in diesem Kapitel.

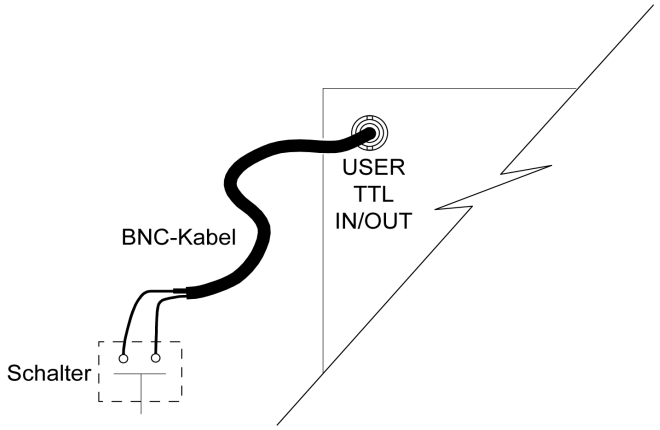
8. Drücken Sie zum Schnellabruf einer Geräteeinstellung einfach den entsprechenden Softkey.
9. Die “Fast Recall”-Funktion bleibt so lange aktiv, bis der Analysator manuell ausgeschaltet wird, und wird auch durch einen (PRESET) nicht deaktiviert.
10. Bei aktiver “Fast Recall”-Funktion benötigen Sie zum Abrufen einer gespeicherten Geräteeinstellung maximal zwei Tastendrücke.
11. Wenn an dem rückseitigen DIN-Anschluß eine externe Tastatur angeschlossen ist, haben die Funktionstasten F1 bis F7 die gleichen Funktionen wie die Analysator-Softkeys 1 bis 7. Informationen über die Verwendung einer externen Tastatur finden Sie unter “Verwendung einer externen Tastatur” weiter unten in diesem Kapitel.

"Fast Recall" in Verbindung mit externem Schalter

In Verbindung mit einem externen Schalter (der am rückseitigen Anschluß USER TTL IN/OUT anzuschließen ist) ermöglicht es die "Fast Recall"-Funktion, durch Betätigen dieses Schalters nacheinander bis zu sieben Geräteeinstellungen abzurufen.

1. Schließen Sie einen externen Schalter gemäß Abbildung 3-25 an den rückseitigen Anschluß USER TTL IN/OUT an.

Abbildung 3-25 Anschließen eines Schalters am Anschluß USER TTL IN/OUT



2. Stellen Sie sicher, daß der Analysator für die Verwendung eines externen Schalters konfiguriert ist: Drücken Sie SYSTEM OPTIONS **System Config** **User TTL Config** **Softkey Auto-Step** .
3. Betätigen Sie bei aktiver "Fast Recall"-Funktion mehrmals den Schalter, und beobachten Sie dabei den Analysator.
4. Jedesmal, wenn Sie den Schalter betätigen, wird der jeweils nächste Dateiname markiert und die betreffende Geräteeinstellung reaktiviert. Nach der letzten Datei beginnt die Sequenz wieder mit der ersten.

Weitere Dateifunktionen

Datei umbenennen

1. Drücken Sie (SAVE RECALL) **Select Disk** , und wählen Sie das Speichermedium, auf dem sich die gewünschte Datei befindet.
2. Setzen Sie den Markierbalken mit Hilfe des Drehknopfs auf die Datei, die Sie umbenennen möchten.
3. Drücken Sie **Prior Menu** **File Utilities** **Rename File** .
4. Löschen Sie den aktuellen Dateinamen durch mehrmaliges Drücken des Softkeys **Backspace** oder durch Drücken des Softkeys **Clear Entry** .
5. Geben Sie den neuen Dateinamen ein. Hierzu haben Sie zwei Möglichkeiten zur Auswahl:
   - Geben Sie den Dateinamen über eine externe, am rückseitigen Anschluß DIN KEYBOARD angeschlossene Tastatur ein. (Informationen über die Verwendung einer externen Tastatur finden Sie unter "Verwendung einer externen Tastatur" weiter unten in diesem Kapitel).
   - Wählen Sie mit Hilfe des Drehknopfs nacheinander die gewünschten Zeichen und drücken Sie jedesmal den Softkey **Select char** . Drücken Sie zum Abschließen der Eingabe **Enter** .

Datei löschen

1. Markieren Sie die zu löschende Datei mit Hilfe des Drehknopfs oder der Tasten (△) (▽).
2. Drücken Sie **Delete File** **YES** .
3. Durch folgende Tastenfolge können Sie alle im aktuellen Verzeichnis enthaltenen Dateien gleichzeitig löschen: **Delete All Files** **YES** .

Datei kopieren

1. Markieren Sie die zu kopierende Datei mit Hilfe des Drehknopfs oder der Tasten (△) (▽).
2. Drücken Sie **Copy File** und wählen Sie anschließend das Speichermedium, auf das die Datei kopiert werden soll. Wenn Sie möchten, können Sie einen vom Quelldateinamen abweichenden Zieldateinamen eingeben.
3. Geben Sie den Zieldateinamen über die externe Tastatur (sofern vorhanden) oder mit Hilfe des Drehknopfs und der Softkeys ein.

VORSICHT

Beachten Sie, daß kein Warnhinweis ausgegeben wird, wenn eine Datei dieses Namens bereits existiert. Die betreffende Datei wird einfach überschrieben. Angenommen, der Internspeicher enthält eine Datei mit dem Namen `STATE1.STA`, und die im Diskettenlaufwerk liegende Diskette enthält eine Datei gleichen Namens, aber mit anderem Inhalt. Wenn Sie eine der beiden Dateien auf das andere Speichermedium kopieren, wird die dort gespeicherte Datei durch die neue überschrieben.

4. Drücken Sie zum Kopieren der Datei **Enter** .
5. Wenn Sie alle im aktuellen Verzeichnis enthaltenen Dateien kopieren möchten, drücken Sie **Copy All Files** und wählen Sie anschließend das gewünschte Ziel-Speichermedium.
6. Sie werden aufgefordert, das Zielverzeichnis anzugeben, in welches die Dateien kopiert werden sollen.
7. Drücken Sie **Enter** , falls die Dateien in das Hauptverzeichnis des Ziel-Speichermediums abgespeichert werden sollen. Anderenfalls geben Sie vor Betätigung der Taste **Enter** den Zieldateinamen über die externe Tastatur (sofern vorhanden) oder mit Hilfe des Drehknopfs und der Softkeys ein.

Dateizugiff über SCPI, IBASIC oder FTP

Auf die im Internspeicher oder auf einer Diskette gespeicherten Dateien können Sie über den HP-IB (mit Hilfe SCPI-Befehlen) oder von einem IBASIC-Programm aus oder über ein lokales Netzwerk zugreifen. Die für die verschiedenen Speichermediumen verwendeten Dateinamen sind aus der untenstehenden Tabelle ersichtlich. Wenn Sie die Dateifunktionen benutzen, werden Sie bemerken, daß im Dateikatalogfenster und in den Fenstern zur Eingabe eines Dateinamens der SCPI-Dateiname angezeigt wird.

HINWEIS

Die “Dynamische Daten-Disk” ist ein internes FTP-Verzeichnis mit dem Namen “Data.” Weitere Informationen hierzu finden Sie unter “Accessing the Analyzer’s Dynamic Data Disk” im *The LAN Interface User’s Guide Supplement*.

Tabelle 3-1 Dateinamen für die verschiedenen Speichermedien

Speichermedium	SCPI-Name	IBASIC-Name	FTP-Verzeichnis
Nichtflüchtige RAM-Disk	`MEM:`*file*	*file*`:MEMORY,0,0`	`/nvram/`*file*
Flüchtige RAM-Disk	`RAM:`*file*	*file*`:MEMORY,0,1`	`/ram/`*file*
Eingebautes 3,5”-Diskettenlaufwerk	`INT:`*file*	*file*`:INTERNAL`	`/int/`*file*
Dynamische Daten-Disk	`DATA:`*file*	nicht unterstützt	`/data/`*file*

- Weitere Informationen über die HP-IB Programmierung finden Sie in den Handbüchern *Programmer's Guide* und *Example Programs Guide*.
- Weitere Informationen über den Dateizugriff von IBASIC-Programmen aus finden Sie unter dem IBASIC-Schlüsselwort “MASS STORAGE IS” im *HP Instrument Basic User's Handbook*.
- Weitere Informationen über den FTP-Dateizugriff über ein lokales Netzwerk finden Sie im *The LAN Interface User's Guide Supplement*.

Verzeichnisfunktionen

Nachfolgend wird beschrieben, wie Sie Verzeichnis anlegen können, um Dateien nach Kategorien abspeichern zu können. Weiterhin wird beschrieben, wie Sie zwischen den vorhandenen Verzeichnissen wechseln und nicht mehr benötigte Verzeichnisse löschen können. Die Verzeichnisfunktionen sind auf die nichtflüchtigen RAM-Disk, auf die flüchtige RAM-Disk und auf 3,5”-Disketten anwendbar.

Verzeichnis erstellen

1. Wenn Sie ein Verzeichnis auf einer Diskette erstellen möchten, legen Sie eine MS-DOS-formatierte Diskette in das Laufwerk ein. Falls Sie keine formatierte Diskette zur Hand haben, müssen Sie zunächst eine Diskette formatieren. Siehe hierzu “Formatieren einer Diskette” weiter unten in diesem Kapitel.
2. Drücken Sie (SAVE RECALL) **Select Disk** .
3. Wählen Sie das Speichermedium, auf dem Sie das Verzeichnis erstellen möchten: interne nichtflüchtige RAM-Disk, interne flüchtige RAM-Disk oder 3,5”-Diskette.

VORSICHT

Beachten Sie, daß der Inhalt der flüchtigen RAM-Disk beim Ausschalten des Analysators *verloren geht*.

4. Drücken Sie **Prior Menu** **File Utilities** **Directory Utilities** **Make Directory** .

   Wählen Sie einen anwendungsbezogenen, möglichst aussagekräftigen Namen für das Verzeichnis. Der Name muß den MS-DOS-Dateinamen-Konventionen entsprechen (maximal acht Zeichen plus Dateinamenerweiterung, bestehend aus maximal drei Zeichen).

   Lange Dateinamen wie in Windows 95®, Windows 98® und Windows NT® werden *nicht* unterstützt.
5. Geben Sie den neuen Verzeichnisnamen ein. Hierzu haben Sie zwei Möglichkeiten zur Auswahl:

   - Geben Sie den Dateinamen über eine externe, am rückseitigen Anschluß DIN KEYBOARD angeschlossene Tastatur ein. (Informationen über die Verwendung einer externen Tastatur finden Sie unter “Verwendung einer externen Tastatur” weiter unten in diesem Kapitel).

- Wählen Sie mit Hilfe des Drehknopfs nacheinander die gewünschten Zeichen und drücken Sie jedesmal den Softkey **Select char** . Drücken Sie zum Abschließen der Eingabe **Enter** .

6. Drücken Sie zum Erstellen des Verzeichnisses **Make Directory** .

HINWEIS

Sie können auch in ein bereits vorhandenes Verzeichnis wechseln und darin mit Hilfe des Softkeys **Make Directory** ein Unterverzeichnis anlegen. Die Anzahl der Zeichen in einem Verzeichnispfad darf gemäß MS-DOS-Konvention nicht mehr als 63 betragen.

Wechseln in ein Verzeichnis

1. Markieren Sie mit Hilfe der Tasten das Verzeichnis, in das Sie wechseln möchten. Drücken Sie anschließend **Change Directory** . Nach dem Wechseln in ein anderes Verzeichnis wird der Name des aktuellen Verzeichnisses im obersten Feld der Dateiliste angezeigt.
2. Wenn Sie in das übergeordnete Verzeichnis wechseln möchten, markieren Sie **..**<PARENT> und drücken Sie **Change Directory** .
3. Wenn Sie in das Hauptverzeichnis wechseln möchten, wechseln Sie so oft in das übergeordnete Verzeichnis (**. .<PARENT>**), bis als aktueller Verzeichnisname nur noch ein umgekehrter Schrägstrich (“\”) angezeigt wird.

Verzeichnis löschen

1. Nur leere Verzeichnisse können gelöscht werden. Wenn das Verzeichnis, das Sie löschen möchten, Dateien enthält, die Sie noch benötigen, müssen Sie diese zunächst in ein anderes Verzeichnis kopieren und dann löschen. Siehe hierzu “Weitere Dateifunktionen” weiter oben in diesem Kapitel.
2. Markieren Sie das zu löschende Verzeichnis mit Hilfe des Drehknopfs oder der Tasten .
3. Drücken Sie **Remove Directory** .

Formatieren einer Diskette

Unformatierte Disketten müssen zunächst formatiert werden, bevor Sie Daten darauf speichern können. Die interne nichtflüchtige RAM-Disk und die interne flüchtige RAM-Disk müssen nicht formatiert werden.

VORSICHT Beachten Sie, daß alle auf der Diskette gespeicherten Daten beim Formatieren verloren gehen.

1. Vergewissern Sie sich, daß der Schreibschutz-Schieber der Diskette sich nicht in der Stellung “schreibgeschützt” befindet.
2. Legen Sie die Diskette in das Diskettenlaufwerk ein.
3. Drücken Sie (SAVE RECALL) **File Utilities** **Format Disk Menu** **Format 3.5” Disk** **YES** .
4. Die Formatierung dauert etwa 2,5 Minuten.

Anschließen und Konfigurieren eines Druckers oder Plotters

Der Analysator kann die angezeigten Meßergebnisse direkt (d. h. ohne daß dazu ein Computer benötigt wird) auf ein kompatibles Peripheriegerät ausgeben. Das Gerät unterstützt Peripheriegeräte mit HP-IB, serieller, paralleler oder LAN-Schnittstelle.

HINWEIS

Die Information, welches Ausgabegerät zuletzt gewählt wurde, und die entsprechenden Konfigurationsparameter bleiben beim Ausschalten des Analysators oder bei einem Preset erhalten.

Auswahl eines kompatiblen Druckers oder Plotters

Die meisten Desktop-Drucker und Plotter von Hewlett-Packard sind mit dem Analysator kompatibel. Einige weit verbreitete, kompatible Peripheriegeräte sind nachfolgend aufgelistet (einige davon werden nicht mehr hergestellt, sind aber noch bei vielen Kunden im Einsatz).

Kompatible Plotter

- HP 7440A ColorPro Farbgrafik-Plotter mit acht Stiften
- HP 7470A Grafik-Plotter mit zwei Stiften
- HP 7475A Grafik-Plotter mit sechs Stiften
- HP 7550A/B Schneller Grafik-Plotter mit acht Stiften

Kompatible Drucker

- Alle Modelle der Familie HP LaserJet (die Modelle ab LaserJet III unterstützen PCL5 und ermöglichen dadurch besonders hohe Druckgeschwindigkeiten).
- Alle Modelle der Familie HP DeskJet (die Modelle HP DeskJet 1200C und 1600C können auch zum Plotten verwendet werden).
- HP DeskJet Portable
- HP PaintJet 3630A
- Epson-Drucker, die mit der Druckerbefehlssprache FX-86e/FX-800 (auch Epson ESC P1 genannt) kompatibel sind. Neuere Drucker, welche die Befehlssprache Epson ESC P2 unterstützen, sind ebenfalls kompatibel.

HINWEIS

Eine aktuelle Kompatibilitätsliste finden Sie auf der Web-Seite http://www.hp.com/go/pcg.

Auswählen eines geeigneten Schnittstellenkabels

Wenn Sie Ihr Peripheriegerät an die HP-IB-Schnittstelle des Analysators anschließen möchten, verwenden Sie eines der folgenden Kabel:

- HP 10833A HP-IB Kabel, 1,0 m
- HP 10833B HP-IB Kabel, 2,0 m
- HP 10833D HP-IB Kabel, 0,5 m

Wenn Sie Ihr Peripheriegerät an die parallele oder serielle Schnittstelle des Analysators anschließen möchten, verwenden eines der folgenden Kabel:

- HP C2950A Parallelschnittstellenkabel, 2,0 m
- HP C2951A Parallelschnittstellenkabel, 3,0 m
- HP C2946A Parallelschnittstellenkabel, 3,0 m
- HP C2947A Parallelschnittstellenkabel, 10 m
- HP C2913A RS-232C-Schnittstellenkabel (seriell), 1,2 m
- HP 24542G Serielles Schnittstellenkabel, 3 m (9pol. weibl. auf 25pol. männl.)

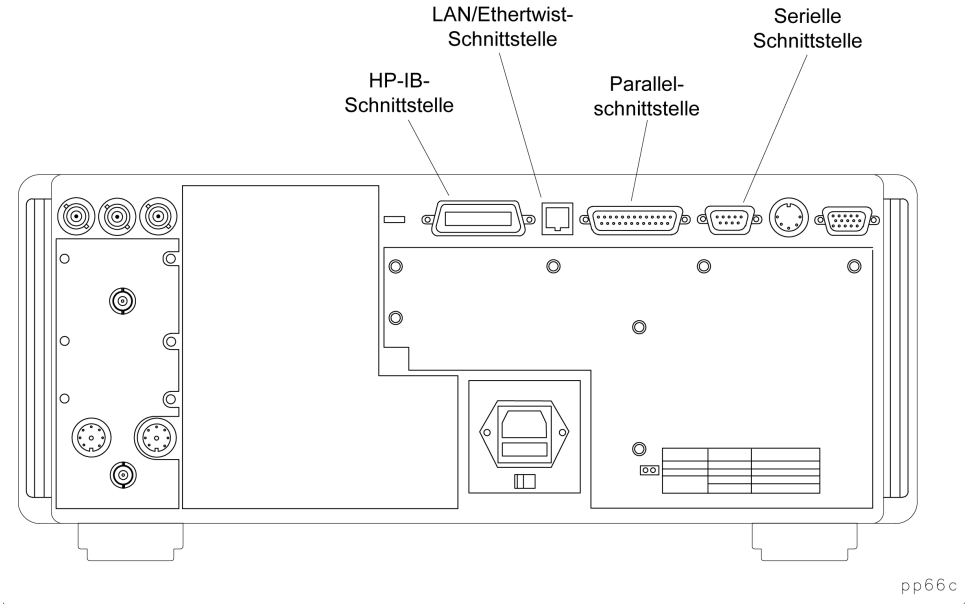
Wenn Sie Ihr Peripheriegerät an die LAN-Schnittstelle des Analysators anschließen möchten, benötigen Sie einen LAN-Hub und zwei Ethertwist-Kabel. Wir empfehlen folgende Produkte:

- HP J2610B AdvanceStack 10Base-T Hub-8U (typischer Hub mit 8 Ports)
- HP J2611B AdvanceStack 10Base-T Hub-16U (typischer Hub mit 16 Ports)
- HP 92268A Twisted-Pair-Kabel (“straight-through”), 4 m
- HP 92268B Twisted-Pair-Kabel (“straight-through”), 8 m
- HP 92268C Twisted-Pair-Kabel (“straight-through”), 16 m
- HP 92268D Twisted-Pair-Kabel (“straight-through”), 32 m
- HP 92268N Twisted-Pair-Kabel (“straight-through”), 300 m

Anschließen des Druckers oder Plotters

1. Schalten Sie den Analysator und den Drucker oder Plotter aus.
2. Schließen Sie den Drucker oder Plotter an eine der in Abbildung 3-26, “Peripheriegeräte-Schnittstellen”, gezeigten Peripheriegeräte-Schnittstellen an.

Abbildung 3-26 Peripheriegeräte-Schnittstellen



Konfigurieren der Hardcopy-Schnittstelle

Wenn Sie zum Ausdrucken oder Plotten Ihrer Meßergebnisse stets das gleiche Peripheriegerät benutzen, brauchen Sie die folgenden Einstellungen nur ein einziges Mal vorzunehmen. Sie können den Analysator für eines der nachfolgend aufgelisteten Peripheriegeräte konfigurieren.

Gerätetyp	Befehlssprache	Schnittstelle
HP Plotter	HPGL	Parallelschnittstelle
HP Plotter	HPGL	RS232 seriell
HP Plotter	HPGL	HP-IB
HP Printer	PCL	Parallelschnittstelle
HP Printer	PCL	RS232 seriell
HP Printer	PCL	HP-IB
Epson-kompatibler Drucker	Epson	Parallelschnittstelle
Epson-kompatibler Drucker	Epson	RS232 seriell
Datei	HPGL	Eingebautes 3,5”-Diskettenlaufwerk
Datei	PCX	Eingebautes 3,5”-Diskettenlaufwerk
Datei	PCL5	Eingebautes 3,5”-Diskettenlaufwerk
Datei	HPGL	Nichtflüchtige RAM-Disk
Datei	PCX	Nichtflüchtige RAM-Disk
Datei	PCL5	Nichtflüchtige RAM-Disk
HP LaserJet PCL5/6	PCL5	Parallelschnittstelle
HP LaserJet PCL5/6	PCL5	RS232 seriell
HP LaserJet PCL5/6	PCL5	HP-IB
HP LaserJet PCL5/6	PCL5	LAN

Der Analysator kann Druckbefehle in den Sprachen PCL5, PCL, Epson oder HP-GL senden. Wir empfehlen folgendes:

- Verwenden Sie die Befehlssprache PCL5, falls Ihr Drucker sie unterstützt; mit dieser Sprache erzielen Sie die größtmögliche Druckgeschwindigkeit. Die Drucker der Familie HP LaserJet III/4/5 unterstützen PCL5. Um eine Druckdatei für einen PCL5-Drucker zu generieren und zu senden, benötigt der Analysator zwischen einer und zehn Sekunden.
- Verwenden Sie PCL oder die Epson-kompatible Sprache, falls Ihr Drucker PCL5 nicht unterstützt. Der Analysator verwendet Epson ESC P1-Befehle, die sowohl von IBM-kompatiblen Geräten als auch von Epson FX-86e/FX-800-kompatiblen Geräten "verstanden" werden.
- Verwenden Sie für Plotter die Sprache HP-GL.

Peripheriegerät auswählen

Drücken Sie (HARDCOPY) **Select Copy Port** und markieren Sie mit Hilfe des Drehknopfs die Bezeichnung des angeschlossenen Druckers oder Plotters. Drücken Sie anschließend **Select** .

Analysator für HP-IB Geräte konfigurieren

Wenn Ihr HP-IB Drucker/Plotter nicht auf die Standardadresse 05 eingestellt ist, drücken Sie **Print/Plot HP-IB Addr** und geben Sie über die Zifferntastatur die Adresse Ihres Druckers/Plotters ein (typische werksseitige Einstellungen sind: Drucker = 01, Plotter = 05).

Analysator für einen LAN-Drucker konfigurieren

Drücken Sie **LAN Printr IP Addr** . Geben Sie über eine externe, am rückseitigen Anschluß DIN KEYBOARD angeschlossene Tastatur die LAN-IP-Adresse des Peripheriegerätes ein. (Informationen über die Verwendung einer externen Tastatur finden Sie unter "Verwendung einer externen Tastatur" weiter unten in diesem Kapitel). Oder wählen Sie mit Hilfe des Drehknopfs nacheinander die einzelnen Zeichen der IP-Adresse und drücken Sie jedesmal den Softkey **Select Char** . Drücken Sie zum Abschließen der Eingabe **Enter** . Weitere Informationen zur Druckausgabe über die LAN-Schnittstelle finden Sie im *The LAN Interface User's Guide Supplement*.

Analysator für RS-232-Geräte konfigurieren

1. Wenn Ihr Drucker/Plotter auf eine andere Baudrate als 19200 eingestellt ist, drücken Sie **Baud Rate** und geben Sie die Baudrate Ihres Druckers/Plotters ein. (Die werksseitige Baudraten-Einstellung Ihres Druckers/Plotters können Sie dem Handbuch zu diesem Gerät entnehmen). Der Analysator unterstützt folgende Baudraten: 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600 oder 115200. Wenn Grafiken zum Drucker/Plotter gesendet werden sollen, empfehlen wir Ihnen, die höchstmögliche Baudrate zu benutzen.
2. Wählen Sie ein von Ihrem Drucker/Plotter unterstütztes Handshake-Protokoll: Xon/Xoff (Software-Handshake, Standardeinstellung) oder DTR/DSR (Hardware-Handshake).

Drucker/Plotter-Einstellungen definieren

Wenn Sie zum Ausdrucken oder Plotten Ihrer Meßergebnisse stets das gleiche Peripheriegerät benutzen, brauchen Sie die folgenden Einstellungen nur ein einziges Mal vorzunehmen.

Drücken Sie (HARDCOPY), **Define PCL5** und dann **Define Printer** oder **Define Plotter**, je nachdem, welches Ausgabegerät Sie verwenden. Beachten Sie, daß Sie immer nur eine dieser beiden Optionen wählen können.

Nachfolgend werden drei alternative Prozeduren beschrieben. Falls Sie einen Drucker verwenden, fahren Sie fort mit "PCL5-Drucker definieren" oder "Drucker definieren". Falls Sie einen Plotter verwenden, fahren Sie fort mit "Plotter definieren".

PCL5-Drucker definieren

Nehmen Sie in den Analysator-Menüs folgende Einstellungen vor:

1. Drücken Sie **Restore Defaults**, um die Standardwerte für einen Drucker wiederherzustellen. Die Standardwerte sind aus der nachfolgenden Tabelle ersichtlich:

Parameter	Standardwert
Monochrome/Color	Monochrome
Orientation	Portrait
Auto Feed	ON
Top Margin	0.00 mm
Left Margin	0.00 mm
Print Width	150 mm (5.91 in)

2. Wählen Sie den Druckertyp: **Monochrome** (Schwarz/Weiß-Drucker) oder **Color** (Farbdrucker).
3. Wählen Sie das Ausgabeformat: **Portrait** (Hochformat) oder **Landscape** (Querformat). "Portrait" bedeutet Hochformat, "Landscape" bedeutet Querformat.
4. Wenn Sie *keinen* automatischen Seitenvorschub wünschen, drücken Sie **Auto Feed OFF**.
5. Drücken Sie zum Ändern der Randeinstellungen und der Druckbreite **More PCL5**.

a. **Top Margin** : Hiermit geben Sie den (nicht-bedruckbaren) oberen Rand (in mm) vor. Der Minimalwert beträgt 0.00 mm; der Maximalwert beträgt 200.00 mm.

b. **Left Margin** : Hiermit geben Sie den (nicht-bedruckbaren) linken Rand (in mm) vor. Der Minimalwert beträgt 0.00 mm; der Maximalwert beträgt 200.00 mm.

c. **Print Width** : Hiermit geben Sie die Druckbreite (in mm) vor. Der Minimalwert beträgt 80 mm; der Maximalwert beträgt 500 mm. Die Breite ist auf den Drucker bezogen definiert. Der Wert bezeichnet die Breite (rechtwinklig zur Richtung des Papiervorschubs) des Druckbereichs. In der Betriebsart “Landscape” wird der Ausdruck um 90 Grad gegenüber der Betriebsart “Portrait” gedreht. Deshalb definiert “Print Width” in der Betriebsart “Landscape” in Wirklichkeit die höhe des Druckbereichs.

HINWEIS

PCL5 "PRINT OVERRUN"-Fehler und Seitenschutz

Beim Drucken komplexer Bildschirminhalte im PCL5-Format ist der Drucker u. U. nicht in der Lage, ein korrektes Seiten-Image zu erstellen oder mit der Ausgabegeschwindigkeit des Analysators mitzuhalten. Es kann dann vorkommen, daß das Bild in mehreren Schritten ausgedruckt oder nur teilweise gedruckt wird; dabei können einige Bildinformationen verloren gehen. In solchen Fällen erscheint eine "PRINT OVERRUN"-Meldung im Display des Druckers.

Zur Vermeidung dieses Problems verfügen einige Drucker über eine als “Page Protection” (Seitenschutz) bezeichnete Funktion, die einen bestimmten Anteil des Druckerspeichers für den Seiten-Image-Prozeß reserviert und es dem Drucker ermöglicht, eine ganze Seite im Speicher aufzubauen, bevor der eigentliche Ausdruck auf Papier beginnt. Dadurch ist gewährleistet, daß die ganze Seite ausgedruckt wird.

Gegebenenfalls finden Sie im Handbuch zu Ihrem Drucker Informationen darüber, wie die Seitenschutzfunktion aktiviert wird. **Hinweis:** Bei einigen Druckern erfordert die Seitenschutzfunktion eine Speicherkapazität von 2 MByte oder mehr.

Drucker definieren

Nehmen Sie in den Analysator-Menüs folgende Einstellungen vor:

1. Drücken Sie **Restore Defaults** , um die Standardwerte für einen Drucker wiederherzustellen. Die Standardwerte sind aus der nachfolgenden Tabelle ersichtlich:

Parameter	Standardwert
Monochrome/Color	Monochrome
Orientation	Portrait
Auto Feed	ON
Printer Resolution	96 Dots Per Inch
Top Margin	0.00 mm
Left Margin	0.00 mm
Print Width	150 mm (5.91 in)

2. Wählen Sie den Druckertyp: **Monochrome** (Schwarz/Weiß-Drucker) oder **Color** (Farbdrucker).
3. Wählen Sie das Ausgabeformat: **Portrait** (Hochformat) oder **Landscape** (Querformat). “Portrait” bedeutet Hochformat, “Landscape” bedeutet Querformat.
4. Wenn Sie *keinen* automatischen Seitenvorschub wünschen, drücken Sie **Auto Feed OFF** .
5. Drücken Sie zum Ändern der Randeinstellungen und der Druckbreite **More PCL5** .
   a. **Printer Resolution** : Die zulässigen Auflösungen für einige häufig verwendete Drucker sind aus der nachfolgenden Tabelle ersichtlich:

Drucker	Zulässige Auflösungen (in DPI)
HP ThinkJet	96
HP PaintJet	90, 180
HP LaserJet	75, 100, 150, 300, 600
HP DeskJet [a]	75, 100, 150, 300, 600
HP QuietJet	96, 192
Epson	60, 120, 240, 360

a. Der HP DeskJet 540 sollte nicht mit einer Auflösung von 100 dpi betrieben werden.

b. **Top Margin** : Hiermit geben Sie den (nicht-bedruckbaren) oberen Rand (in mm) vor. Der Minimalwert beträgt 0.00 mm; der Maximalwert beträgt 200.00 mm.

c. **Left Margin** : Hiermit geben Sie den (nicht-bedruckbaren) linken Rand (in mm) vor. Der Minimalwert beträgt 0.00 mm; der Maximalwert beträgt 200.00 mm.

d. **Print Width** : Hiermit geben Sie die Druckbreite (in mm) vor. Der Minimalwert beträgt 80 mm; der Maximalwert beträgt 500 mm. Die Breite ist auf den Drucker bezogen definiert. Der Wert bezeichnet die Breite (rechtwinklig zur Richtung des Papiervorschubs) des Druckbereichs. In der Betriebsart “Landscape” wird der Ausdruck um 90 Grad gegenüber der Betriebsart “Portrait” gedreht. Deshalb definiert “Print Width” in der Betriebsart “Landscape” in Wirklichkeit die höhe des Druckbereichs.

Plotter definieren

Nehmen Sie in den Analysator-Menüs folgende Einstellungen vor:

1. Drücken Sie **Restore Defaults**, um die Drucker-Parameter auf die Standardwerte einzustellen. Die Standardwerte sind aus der nachfolgenden Tabelle ersichtlich:

Parameter	Standardwert
Monochrome/Color	Monochrome
Auto Feed	ON
Farb-Plotter-Stiftnummern	Meßkurve 1 = Stift 1 Meßkurve 2 = Stift 2 Speicher 1 = Stift 3 Speicher 2 = Stift 4 Gitterraster = Stift 5 Grafik = Stift 6

2. Wählen Sie den Plotter-Typ: Monochrom- oder Farb-Plotter.
3. Wählen Sie mit **Set Pen Numbers** die Stiftnummer(n) für die Meßkurven, gespeicherten Meßkurven, das Gitterraster und die Grafiken. Drücken Sie nach dem Auswählen der Stifte **Prior Menu**.
4. Wenn Sie *keinen* automatischen Seitenvorschub wünschen, drücken Sie **Auto Feed OFF**.

Ausdrucken oder Plotten von Meßergebnissen

Führen Sie zum Drucken oder Plotten Ihrer Meßergebnisse folgende Schritte aus:

1. Wählen Sie den Ausgabe-Port:
   - Drucker *oder*
   - Plotter *oder*
   - Datei
2. Definieren Sie die auszugebenden Informationen
3. Starten Sie den Ausdruck:
   - Hardcopy *oder*
   - Ausgabe in Datei

Auswählen des Ausgabe-Ports

Drücken Sie (HARDCOPY) **Select Copy Port** . Markieren Sie mit Hilfe des Drehknopfs oder der Tasten (⇧) (⇩) die gewünschte Kombination aus Gerätetyp, Sprache und Ausgabe-Port. Wenn Sie einen Drucker oder Plotter wählen, beachten Sie die Hinweise unter "Anschließen des Druckers oder Plotters" weiter oben in diesem Kapitel. Wenn Sie eine Datei wählen, müssen Sie vorgeben, ob die Datei auf die interne nichtflüchtigen RAM-Disk oder auf eine 3,5"-Diskette abgespeichert werden soll. Weiterhin müssen Sie ein Dateiformat (HP-GL, PCL5 oder PCX) wählen. Alle diese Formate können in viele PC-Anwendungen wie z. B. Textverarbeitungs- oder Zeichenprogramme importiert werden. Dadurch können Sie Bildschirmdarstellungen auf einfache Weise in Berichte, Memos oder sonstige Dokumente einbinden. In Verbindung mit den LAN-Funktionen können Sie eine Hardcopy-Datei im HP-GL-, GIF- oder PCX-Format per FTP aus dem Analysator herunterladen. Weitere Informationen hierzu finden Sie im *The LAN Interface User's Guide Supplement*.

HINWEIS

Bevor Sie eine Ausgabe an ein externes Gerät (Drucker oder Plotter) senden, müssen Sie den Analysator für das betreffende Gerät konfigurieren. Einzelheiten hierzu finden Sie im vorigen Abschnitt "Anschließen des Druckers oder Plotters".

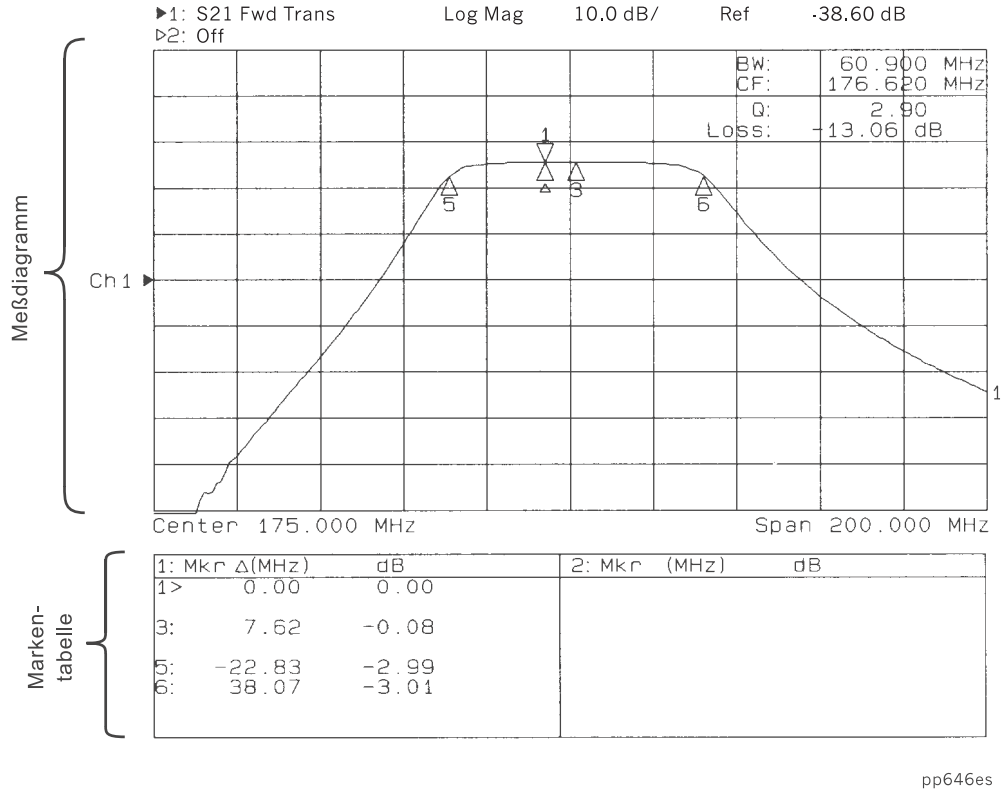
Ausgabe definieren

Der erste Schritt beim Definieren der Ausgabe besteht darin, zu entscheiden, welche Ausgabeelemente ausgegeben werden sollen.

Drücken Sie (HARDCOPY) **Define Hardcopy** und wählen Sie anschließend eine der folgenden Optionen: Abbildung 3-27, "Verfügbare Ausgabeelemente und Formate", und Abbildung 3-28, "Meßpunkt-Werte", zeigen die verfügbaren Ausgabeelemente und Formate.

Graph and Mkr Table	Meßdiagramm und Markentabelle.
Graph Only	nur Meßdiagramm. (Diese Option erlaubt auch das Ausdrucken von Grenzwertlinien).
Mkr Table Only	nur Markentabelle. (Diese Option erlaubt auch das Ausdrucken von Grenzwertlinien).

Abbildung 3-27 Verfügbare Ausgabeelemente und Formate



List Trace Values nur Markentabelle. (Diese Option erlaubt auch das Ausdrucken von Grenzwertlinien).

Abbildung 3-28 Meßpunkt-Werte

Meßpunkt – Werte

CHANNEL 1: S21 Fwd Trans

FREQ(MHz)	dB Mkr#
0.300	-47.01
2.047	-66.92
3.794	-71.87
5.541	-76.94
7.288	-82.18
9.035	-89.23
10.782	-77.77
12.529	-82.95
14.276	-89.84
16.023	-85.46
17.770	-79.86
19.517	-88.07
21.264	-80.75
23.011	-83.53
24.758	-87.51
26.505	-84.91
28.252	-83.51
29.999	-86.01

pp647es

HINWEIS Abbildung 3-28 zeigt die Meßpunkt-Werte für eine Transmissionsmessung im Format “Log Mag”. Bei Messungen im Format “Polar” werden Werte für Frequenz, Betrag und Phase ausgegeben. Bei Messungen im Format “Smith Chart” werden Werte für Frequenz, Widerstand und komplexe Impedanz ausgegeben.

HINWEIS Wenn Sie Meßergebnisse auf einen Drucker oder Plotter ohne Eingangspuffer ausgeben, kann sich die Meßgeschwindigkeit verringern. Bei Verwendung eines solchen Gerätes können Sie die Ausgabegeschwindigkeit steigern, indem Sie vor dem Ausdrucken oder Plotten (MENU) **Trigger** **Hold** drücken. Aus der nachfolgenden Tabelle sind die typischen Druckzeiten für einige häufig verwendete Drucker ersichtlich.

HINWEIS

Die folgende Tabelle zeigt einige typische Druckzeiten für diverse Drucker von Hewlett-Packard. Es handelt sich um typische Werte; möglicherweise ergeben sich bei Ihnen andere Zeiten. Diese Werte dienen lediglich zu Vergleichszwecken. Die tatsächliche Druckzeit ist von zahlreichen Parametern abhängig, u. a. von der Anzahl der Meßpunkte, der Komplexität der Meßkurve, der Anzahl der Meßkurven, der Komplexität der Benutzergrafik, der Wobbelbetriebsart, der Ausdruckgröße und dem Format.

Tabelle 3-2 Typische Druckzeiten

Drucker-auflösung (dpi) [a]	"Portrait"-Format (min:sec)						"Landscape"-Format (min:sec)					
	DeskJet 400	DeskJet 693C	DeskJet 890C	DeskJet 1200C[b]	DeskJet 1600C	LaserJet 6L	DeskJet 400	DeskJet 693C	DeskJet 890C	DeskJet 1200C b	DeskJet 1600C	LaserJet 6L
MONO [c]												
100	0:43	0:37	0:19	0:18	0:26	0:27	0:50	0:48	0:24	0:21	0:52	0:27
300	0:50	0:36	0:24	0:30	1:05	0:38	1:00	0:47	0:29	0:39	1:25	0:44
PCL5	–	–	–	0:13	0:27	0:22	–	–	–	0:16[d]	0:52	0:22[d]
COLOR												
100	1:53	0:56	0:50	0:29	0:55	–	2:24	2:05	1:12	0:46	1:30	–
300	4:30	2:30	1:22	1:34	3:20	–	6:01	3:18	1:49	2:15	4:50	–
PCL5	–	–	–	0:16	0:35	–	–	–	–	0:31[d]	1:10	–

a. Einige Modelle der Familie HP DeskJets unterstützen 100 dpi Auflösung nicht. Wenn Sie in 2/3 Größe plotten, sollten Sie 150 dpi verwenden.
b. Diese Zeiten wurden mit einem HP DeskJet 1200C in der Betriebsart "paper-fast" gemessen.
c. Für monochrome Ausdrucke auf einem HP DeskJet mit Einzelpatrone sollten Sie keine Farbpatrone verwenden.
d. Druckbreite auf 181 mm eingestellt, zur Angleichung an das PCL-"Landscape"-Format.

Verwendung einer externen Tastatur

Sie können eine externe, IBM PC-AT-kompatible Tastatur an Ihren Analysator anschließen. Eine externe Tastatur erleichtert das Eingeben und Editieren von Datei- und Verzeichnisnamen. Besonders hilfreich ist eine externe Tastatur beim Erstellen und Editieren von IBASIC-Programmen.

Sämtliche Hardkey- und Softkey-Funktionen des Analysators können auch über die externe Tastatur aktiviert werden. Siehe “Steuerung des Analysators über die externe Tastatur” weiter unten in diesem Kapitel.

Anschließen der Tastatur

Schalten Sie vor dem Anschließen der Tastatur den Analysator aus. Schließen Sie dann eine PC-AT-kompatible Tastatur mit Mini-DIN-Stecker an den rückseitigen Anschluß DIN KEYBOARD an. Schalten Sie danach den Analysator wieder ein.

HINWEIS

Falls Ihre Tastatur einen Standard-DIN-Stecker (groß, 5polig) besitzt, benötigen Sie einen Adapter DIN auf Mini-DIN (klein, 6polig). Ein solcher Adapter ist unter der HP-Teilenummer 1252-4141 erhältlich. Weitere Informationen hierzu erhalten Sie durch die nächstgelegene HP-Geschäftsstelle.

Verwendung der Tastatur zum Editieren

Die externe Tastatur erleichtert das Editieren von Dateinamen, Verzeichnisnamen und IBASIC-Programmen. Im Prinzip können Sie diese Namen bzw. Programme auch mit Hilfe des Drehknopfs und der Softkeys editieren. Dies ist jedoch sehr mühsam.

Nachfolgend wird beschrieben, wie Sie unter Verwendung der externen Tastatur und der “Re-Save State”-Funktion eine Geräteeinstellung unter dem Namen “Mischer” abspeichern.

1. Bringen Sie den Analysator in die Einstellung, die Sie abspeichern möchten. Siehe “Abspeichern von Meßergebnissen und Abrufen gespeicherter Meßergebnisse” weiter oben in diesem Kapitel.

2. Drücken Sie (SAVE RECALL) **Select Disk** , und wählen Sie das Speichermedium, auf das die Geräteeinstellung abgespeichert werden soll.
3. Drücken Sie **Prior Menu** **Re-Save State** .
4. Löschen Sie mit der “Backspace”-Taste den aktuellen Dateinamen (keine Angst – die vorhandene Datei wird nicht überschrieben), und geben Sie über die Tastatur den Namen `Mischer` ein.
5. Drücken Sie auf der Tastatur oder am Analysator die Taste (ENTER); daraufhin wird die aktuelle Geräteeinstellung in eine Datei mit dem Namen “Mischer” abgespeichert.

Steuerung des Analysators über die externe Tastatur

Im Lieferumfang des Analysators ist eine Tastaturschablone enthalten. Wenn Sie diese Schablone auf die Tastatur legen, haben Sie die nachfolgenden Informationen stets zur Hand. Falls Sie die Tastaturschablone verlegt haben, können Sie unter der HP-Teilenummer 08712-80028 eine neue bestellen.

Mit den unten angegebenen Tastenkombinationen können Sie den Analysator über die externe Tastatur steuern. Die Softkeys sind die acht unbeschrifteten Tasten rechts neben dem Bildschirm. Sie sind von 1 (oberster Softkey) bis 8 (unterster Softkey) numeriert.

Zuordnung der Funktionstasten auf der Tastatur zu den Tasten am Analysator

Funktions-taste auf der externen Tastatur	Entsprechende Taste am Analysator		
		Shift	**Ctrl**
f1	Softkey 1	MEAS 1	SAVE RECALL
f2	Softkey 2	MEAS 2	HARD COPY
f3	Softkey 3	FREQ	SYSTEM OPTIONS
f4	Softkey 4	POWER	PRESET
f5	Softkey 5	SWEEP	BEGIN
f6	Softkey 6	MENU	
f7	Softkey 7	SCALE	
f8	Softkey 8	MARKER	
f9		DISPLAY	
f10		FORMAT	
f11		CAL	
f12		AVG	

Wenn Sie beispielsweise den Meßkanal 1 aktivieren wollen, drücken Sie auf der Tastatur (Shift) und (F1). Wenn Sie den Analysator in die Preset-Einstellung bringen wollen, drücken Sie auf der Tastatur (Ctrl) und (F4). Lassen Sie in beiden Fällen die erste Taste niedergedrückt, während Sie die zweite drücken. Wenn Sie die Funktion wählen möchten, die dem **Softkey 1** zugeordnet ist, drücken Sie auf der Tastatur (F1) (ohne Modifizierer-Taste).

Im Falle eines Problems sollten Sie zuerst überprüfen, ob die Tastatur korrekt am rückseitigen Anschluß DIN KEYBOARD angeschlossen ist. Die Tastatur muß IBM PC/AT-kompatibel sein.

Druckfunktionen:

Wenn Sie den Bildschirminhalt mit der (HARDCOPY)-Funktion ausdrucken, werden normalerweise die Softkey-Bezeichnungen nicht mit ausgedruckt.

Wenn Sie auf der externen Tastatur (Shift) (Print Screen) drücken, werden die Softkey-Bezeichnungen zusammen mit dem Meßdiagramm ausgedruckt.

Verwendung eines externen VGA-Bildschirms

An den rückseitigen Anschluß VIDEO OUT COLOR VGA können Sie einen externen, VGA-kompatiblen Bildschirm anschließen, um die Meßergebnisse bequemer ablesen zu können. Nachfolgend wird beschrieben, wie Sie die Farbzuordnung für die Darstellung auf einem externen VGA-Monitor verändern können.

Verändern der Farbzuordnung für externen Monitor

Obwohl der Analysator lediglich mit einem Monochrom-Bildschirm ausgestattet ist, können Sie einen externen Farbbildschirm anschließen, dessen Farbdarstellungsmöglichkeiten dann auch genutzt werden. Der Analysator besitzt auf der Rückwand einen Standard-VGA-Anschluß.

Mit der Tastenfolge DISPLAY **More Display** **Color Options** **Factory Default** oder **Default 2** können Sie zwischen zwei standardmäßigen Farbzuordnungen wählen, die eine leicht lesbare Darstellung von Meßdaten und Text auf einem externen VGA-Bildschirm ergeben. (Die Einstellungen **Factory Default** und **Default 2** unterscheiden sich nur hinsichtlich der Farbzuordnungen für Trace 1, Trace 2, Mem 1 und Mem 2). Bei Bedarf können Sie die Farben zahlreicher Anzeigeelemente an Ihre individuellen Bedürfnisse anpassen.

Wenn Bildschirminhalte über die LAN-Schnittstelle in einen Web-Browser oder ein Textverarbeitungsprogramm importiert werden, ist es oft zweckmäßig, die Option “inverse display” zu wählen, um eine Darstellung mit weißem Hintergrund zu erhalten.

Wenn Sie die Farbzuordnung für den externen Bildschirm ändern möchten, drücken Sie DISPLAY **More Display** **Color Options** **Custom Colors**. Drücken Sie **Select Item** und wählen Sie dann mit Hilfe des Drehknopfs oder der Tasten ⇧ ⇩ das Anzeigeelemente, dessen Farbzuordnung Sie ändern möchten. Alternativ können Sie die Nummer des betreffenden Anzeigeelementes über die Zifferntastatur eingeben. Die Nummern der verschiedenen Anzeigeelemente sind aus der nachfolgenden Tabelle ersichtlich.

Anzeige-elemente #	Beschreibung
1	Hintergrund
2	Text
3	Benutzergrafik Stift 2
4	Benutzergrafik Stift 3
5	Benutzergrafik Stift 4
6	Benutzergrafik Stift 5
7	Benutzergrafik Stift 6
8	Benutzergrafik Stift 7
9	Inaktiver Text
10	Warnhinweis
11	Gitterraster
12	Trace 1
13	Mem 1
14	Trace 2
15	Mem 2
16	Text

Wenn Sie beispielsweise die Textfarbe von weiß auf eine andere Farbe abändern möchten, gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Drücken Sie (DISPLAY) **More Display** **Color Options** **Custom Colors** **Select Item** .
2. Drücken Sie (16) (Nummer des Anzeigeelementes “Text” gemäß obiger Liste) und dann (ENTER).
3. Drücken Sie **Saturation** (100) (ENTER).
4. Drücken Sie **Luminance** (100) (ENTER).
5. Drücken Sie schließlich **Hue** und wählen Sie mit Hilfe des Drehknopfs den gewünschten Farbton.

HINWEIS Alle Farbzuordnungen bleiben beim Ausschalten des Gerätes oder bei einem Preset erhalten. Mit dieser Tastenfolge können Sie die Standard-Farbzuordnung wiederherstellen: (DISPLAY) **More Display** **Color Options** , **Factory Default** oder **Default 2** .

Synchronisieren des Bildschirms und Einstellen der Bildlage

Der Analysator bietet zahlreiche Einstellmöglichkeiten zur Synchronisation des externen Bildschirms und zur Einstellung der Bildlage. Nachfolgend wird beschrieben, wie Sie von diesen Einstellmöglichkeiten Gebrauch machen können.

VORSICHT Diese Einstellungen beeinflussen auch den eingebauten Bildschirm des Analysators.

1. Drücken Sie (SYSTEM OPTIONS) **System Config** **CRT Adjust** . Bei Betätigung dieses Softkeys erscheint ein Testbild auf dem Bildschirm (bzw. auf den Bildschirmen). Wenn Sie nicht möchten, daß dieses Testbild während der Einstellarbeiten dargestellt wird, können Sie es durch **Remove Pattern** abschalten.
2. Falls der externe Bildschirm auf das Grün-Signal synchronisiert, aktivieren Sie durch Drücken des Softkeys **Sync Green on OFF** diese Funktion.
3. Drücken Sie zum Einstellen der Vertikal- bzw. Horizontal-Position den Softkey **Vertical Position** bzw. **Horizontal Position** . Stellen Sie anschließend mit Hilfe des Drehknopfs oder der Tasten (⇧) (⇩) oder durch Eingabe einer Zahl über die Zifferntastatur die optimale Position ein.
4. Drücken Sie **More** . Mit den Softkeys **Vertical Back Porch** , **Horizontal Back Porch** , **Vertical Frnt Porch** und **Horizontal Frnt Porch** können Sie die diversen Synchronisationsparameter optimal an Ihren Bildschirm anpassen. Bei Bedarf können Sie die Standardeinstellung durch **Restore Defaults** wiederherstellen.
5. Alle diese Einstellungen bleiben beim Ausschalten des Gerätes oder bei einem Preset erhalten.

4 Optimieren von Messungen

Einführung

In diesem Kapitel werden Techniken und Analysatorfunktionen beschrieben, die Ihnen helfen, die Genauigkeit und Geschwindigkeit Ihrer Messungen zu optimieren. Die Themen im einzelnen:

- Erhöhen der Wobbelgeschwindigkeit
- Vergrößern des Dynamikbereichs
- Verringern des Rauschens
- Verringern der Anpassungsfehler
- Kompensieren von Phasenverschiebungen innerhalb der Meßanordnung
- Messungen an Bauteilen mit großer elektrische Länge

Erhöhen der Wobbelgeschwindigkeit

Sie können die Wobbelgeschwindigkeit des Analysators erhöhen (bzw. die Wobbelzeit verkürzen), indem Sie auf die Verwendung bestimmter Funktionen verzichten, die zusätzliche Rechenzeit erfordern; hierzu zählt beispielsweise die “Bandwidth Marker Tracking” -Funktion.

Außerdem können Sie die Wobbelgeschwindigkeit durch Modifizieren von Meßparametern erhöhen. Hier einige Beispiele dafür:

- Optimales Kalibrierverfahren wählen
- Start-Frequenz erhöhen
- Betriebsart “Sweep Time AUTO” wählen
- Systembandbreite vergrößern
- Anzahl der zu mittelnden Meßkurven reduzieren
- Anzahl der Meßpunkte reduzieren
- Zweiten Kanal abschalten
- Alternierende Wobbelung abschalten
- Marken und “Marker Tracking”-Funktionen abschalten
- “Spur Avoidance”-Funktion abschalten
- Wobbelbandbreite in der Weise reduzieren, daß keine Bandumschaltungen erforderlich sind (betrifft nur HP 8714ES)

Optimales Kalibrierverfahren wählen

Mit dem Zwei-Tor-Kalibrierverfahren erzielen Sie bei Messungen an Zwei-Tor-Bauteilen die bestmögliche Fehlerkorrektur, da dieses Kalibrierverfahren alle signifikanten Fehlerquellen berücksichtigt. Nachteilig ist, daß sich die Wobbelzeit verlängert, da jede Messung eine Wobbelung in Vorwärts- und Rückwärtsrichtung erfordert. Wenn hohe Meßgeschwindigkeit wichtiger ist als größtmögliche Genauigkeit, sollten Sie ein anderes Kalibrierverfahren wählen. Informationen über die verschiedenen Kalibrierverfahren finden Sie in Kapitel 5.

Erhöhen der Start-Frequenz

Bei Frequenzen unterhalb etwa 20 MHz arbeitet der Analysator mit reduzierter Wobbelgeschwindigkeit; daher können Sie die Wobbelgeschwindigkeit durch Wahl einer höheren Start-Frequenz erhöhen.

1. Drücken Sie (FREQ) **Start** .
2. Geben Sie die höchstmögliche Start-Frequenz ein, die für Ihre Messung akzeptabel ist.

Wahl der Betriebsart “Sweep Time AUTO”

In der Betriebsart “Sweep Time AUTO” (Preset-Einstellung) wählt der Analysator automatisch die größtmögliche Wobbelgeschwindigkeit, die mit den jeweiligen Meßparameter-Einstellungen verträglich ist.

1. Drücken Sie (SWEEP) und achten Sie auf die Bezeichnung des Softkeys **Sweep Time AUTO man** . Wenn “AUTO” groß geschrieben ist, bedeutet dies, daß der Analysator sich in der Betriebsart “Sweep Time AUTO” befindet. Wenn “MAN” groß geschrieben ist, bedeutet dies, daß der Analysator sich in der Betriebsart “Sweep Time MAN(uell)” befindet.
2. Falls erforderlich, bringen Sie den Softkey **Sweep Time auto MAN** in die Stellung AUTO.

Vergrößern der Systembandbreite

Drücken Sie zum Vergrößern der Systembandbreite (ZF-Bandbreite) (AVG) **System Bandwidth** . Beim Vergrößern der Systembandbreite nimmt die Wobbelgeschwindigkeit zu; dies geht allerdings zu Lasten eines stärkeren Rauschens.

Tabelle 4-1 Zusammenhang zwischen Systembandbreite und Wobbelgeschwindigkeit

Systembandbreite	Wobbelgeschwindigkeit
“Wide”	maximal
“Medium Wide”	schneller
“Medium”	schnell
“Medium Narrow”	langsam
“Narrow”	langsamer
“Fine”	minimal

Verringerung des “Average Factor”

Falls die Meßdatenmittelungsfunktion aktiv ist (im Preset-Zustand ist sie abgeschaltet), können Sie durch Reduzieren des “Average Factor” (oder durch gänzliches Abschalten dieser Funktion) die Wobbelgeschwindigkeit erhöhen. Die Meßdatenmittelung erfordert mehrere Wobbelzyklen und kostet daher zusätzliche Meßzeit. Wenn Sie das Rauschen nicht durch Meßdatenmittelung, sondern durch Verringern der Systembandbreite reduzieren, ergeben sich u. U. kürzere Meßzeiten.

1. Drücken Sie (AVG) **Average Factor**, geben Sie einen Mittelungsfaktor ein, der kleiner Ausgangssignal der angezeigte ist, und drücken Sie (ENTER).
2. Wenn Sie die Meßdatenmittelungsfunktion abschalten möchten, drücken Sie (AVG) **Average on OFF**.

Reduktion der Anzahl der Meßpunkte

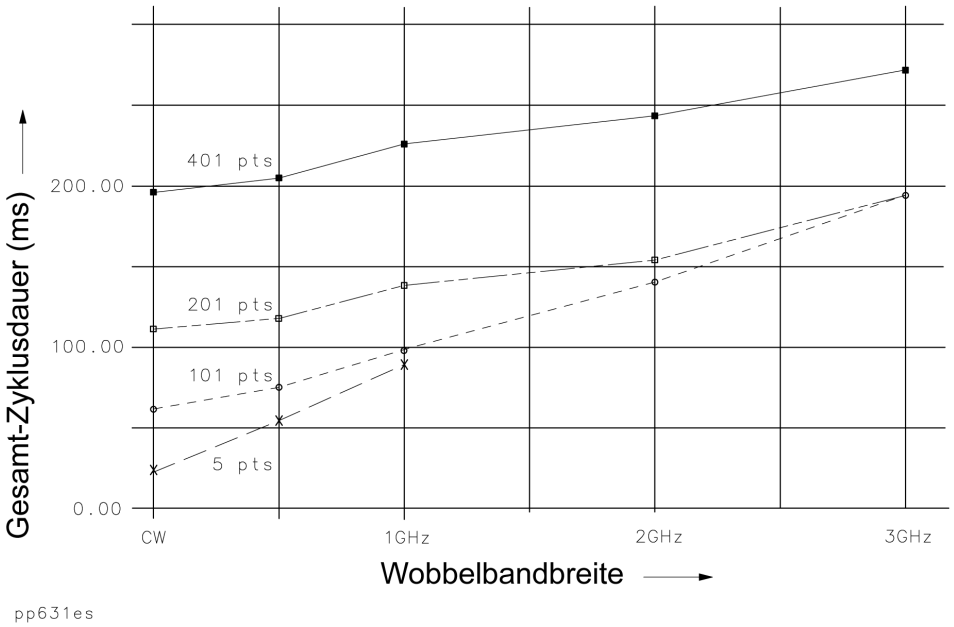
Drücken Sie zum Reduzieren der Anzahl der Meßpunkte (MENU) **Number of Points** und geben Sie mit Hilfe des Drehknopfs oder der Tasten (△)(▽) oder über die Zifferntastatur einen kleineren Wert ein.

Beim Reduzieren der Anzahl der Meßpunkte verringert sich im allgemeinen auch die Meßzeit. Es ist jedoch zu beachten, daß die Meßzeit u. a. noch von folgenden Faktoren abhängig ist:

- Messung über Frequenzbänder, die sehr niedrige Frequenzen (unterhalb etwa 20 MHz) enthalten.
- Anzahl der erforderlichen Bandumschaltungen. (Bandumschaltungen treten bei etwa 1900 MHz, 2310 MHz und 2620 MHz auf – betrifft nur das Modell HP 8714ES).
- Maximale Wobbelgeschwindigkeit der internen Signalquelle.

Das folgende Diagramm zeigt den Zusammenhang zwischen Anzahl der Meßpunkte, Wobbelbandbreite und Gesamt-Wobbelzyklusdauer. Die Gesamt-Wobbelzyklusdauer ist definiert als die Zeit vom Beginn eines Wobbelzyklus bis zum Beginn des darauffolgenden Wobbelzyklus. Dieses Diagramm bezieht sich auf das Modell HP 8714ES im (PRESET)-Zustand; gegenüber diesem Zustand wurden nur die Anzahl der Meßpunkte und die Wobbelbandbreite, wie angegeben, verändert.

Abbildung 4-1 Zusammenhang zwischen Wobbelbandbreite, Gesamt-Wobbelzyklusdauer und Anzahl der Meßpunkte



Aus dem obigen Diagramm ist folgendes ersichtlich:

- Beim Verringern der Wobbelbandbreite verringert sich auch die Gesamt-Wobbelzyklusdauer.
- Beim Verringern der Anzahl der Meßpunkte verringert sich auch die Gesamt-Wobbelzyklusdauer.

Abschalten eines Kanals

Wenn beide Kanäle dargestellt werden, aber nur einer davon für Sie von Interesse ist, können Sie die Meßzeit durch Abschalten des nicht benötigten Kanals verringern.

Wählen Sie den Kanal, den Sie abschalten möchten: MEAS 1 oder MEAS 2. Wählen Sie anschließend **Meas OFF**.

Abschalten der “Alternate Sweep”-Funktion

Die “Alternate Sweep”-Funktion (alternierende Wobbelung) ist im Preset-Zustand abgeschaltet, wird aber bei bestimmten zweikanaligen Messungen automatisch aktiviert. Bei alternierender Wobbelung werden die beiden Kanäle nacheinander gemessen. Durch Abschalten dieser Funktion können Sie die Wobbelgeschwindigkeit um den Faktor 2 erhöhen.

1. Drücken Sie (SWEEP) und beachten Sie den Softkey **Alt Sweep on OFF**.
2. Wenn ON groß geschrieben ist, bringen Sie diesen Softkey in die Stellung OFF (**Alt Sweep on OFF**).

Abschalten der Marken und der “Marker Tracking”-Funktionen

Wenn Marken aktiv sind, müssen die Markenanzeigen nach jedem Wobbelzyklus aktualisiert werden; dies kostet Zeit. Durch Abschalten der Marken können Sie die Wobbelzyklusdauer um bis zu 30 ms verkürzen. Wenn das Marken-Softkey-Menü angezeigt wird, muß auch dieses Menü ständig aktualisiert werden; dadurch verlängert sich die Wobbelzyklusdauer um bis zu 10 ms.

Drücken Sie (MARKER) **All Off**.

Wenn eine der “Marker Tracking”-Funktionen aktiv ist, führt der Analysator nach jedem Wobbelzyklus eine Suche aus. Eine einfache Suche wie z. B. **Mkr -> Max** dauert etwa 10 bis 20 ms pro Wobbelzyklus. Umfangreichere Berechnung wie z. B. **Bandwidth** können die Wobbelzyklusdauer um bis zu 100 ms verlängern.

1. Drücken Sie (MARKER) **Marker Search** und beachten Sie den Softkey **Tracking on OFF**.
2. Wenn ON groß geschrieben ist, bringen Sie diesen Softkey in die Stellung OFF.

Abschalten der “Spur Avoid”-Funktion

Wenn die “Spur Avoid”-Funktion (Nebenwellenunterdrückung) aktiv ist (im Preset-Zustand ist sie abgeschaltet), unterteilt der Analysator den Wobbelbereich in mehrere Segmente. Zwischen den Segmenten unterbricht der Analysator die Wobbelung und verändert bestimmte interne Frequenzen, um sicherzustellen, daß keine unerwünschten Mischprodukte die Meßgenauigkeit beeinträchtigen. Wenn Sie die “Spur Avoid”-Funktion abschalten, entfallen diese Unterbrechungen, was zu einer höheren Wobbelgeschwindigkeit führt.

1. Drücken Sie (MENU) **Spur Avoid Options** und achten Sie auf den Softkey **Spur Avoid** .
2. Wenn der Softkey **Spur Avoid** hell unterlegt ist, drücken Sie den Softkey **None** .

HINWEIS

Wenn die “Spur Avoid”-Funktion bei Ihrer Messung aktiv sein *muß*, wählen Sie zur Maximierung der Wobbelgeschwindigkeit für die Start-Frequenz einen möglichst hohen Wert.

Vermeiden von Bandumschaltungen durch Reduzieren der Wobbelbandbreite (nur HP 8714ES)

Jede Bandumschaltung kostet Wobbelzeit. Eine Bandumschaltung erfolgt etwa bei folgenden Frequenzen:

- 1900 MHz
- 2310 MHz
- 2620 MHz

Drücken Sie (FREQ) und ändern Sie die Start-Frequenz, die Stop-Frequenz (bzw. die Mittenfrequenz und die Wobbelbandbreite) möglichst so ein, daß Bandumschaltungen vermieden werden.

Vergrößern des Dynamikbereichs

Der Empfänger-Dynamikbereich entspricht der Differenz zwischen dem maximal zulässigen Eingangspegel und dem Eigenrauschpegel des Analysators. Messungen sind nur dann gültig, wenn das Eingangssignal innerhalb dieser Grenzen liegt. Der Dynamikbereich wird von zwei Faktoren beeinflußt:

- Meßsignalpegel am Eingang des Prüflings
- Empfänger-Eigenrauschen

Vergrößern des Empfänger-Eingangspegels

Sie sollten den Empfänger-Eingangspegel maximieren, um den größtmöglichen Dynamikbereich zu erzielen. Sie können den Ausgangspegel der Signalquelle erhöhen, solange der Ausgangspegel des Prüflings den zulässigen Eingangspegel des Analysators nicht überschreitet.

Drücken Sie (POWER) **Level** und geben Sie den gewünschten Ausgangspegel ein.

Solange der Signalpegel am Ausgang des Prüflings die nachfolgend genannten Werte nicht überschreitet, tritt im Empfänger keine signifikante Signalkompression auf.

Tabelle 4-2 Empfohlener maximaler Eingangspegel

	Empfohlener maximaler Eingangspegel
Schmalband-Betriebsart	+10 dBm
Breitband-Betriebsart	+16 dBm

VORSICHT Beachten Sie, daß der Signalpegel am Empfängereingang den absoluten Grenzwert von +26 dBm keinesfalls überschreiten darf; bei Überschreitung dieses Wertes kann der Empfänger beschädigt werden.

HINWEIS Der Normierungspegel kann die dynamische Genauigkeit des Analysators beeinflussen.

Reduzieren des Eigenrauschens

Der Dynamikbereich des Empfängers läßt sich durch Reduzieren der Systembandbreite und durch Wahl eines größeren Mittelungsfaktors vergrößeren.

Ändern der Systembandbreite

Beim Verringern der Systembandbreite wird die Empfänger-Eingangsbandbreite mittels digitaler Filterung reduziert; dadurch verringert sich der Rauschpegel. Wenn die Systembandbreite verringert wird, werden mehr Empfängermessungen pro Frequenzpunkt benötigt; dadurch verlängert sich die Wobbelzeit. Gegenüber der Rauschreduktion durch Meßdatenmittelung hat dieses Verfahren den Vorteil, daß für die Berechnungen ein einzelner Wobbelzyklus genügt.

Der Analysator bietet sechs Systembandbreiten zur Auswahl: “wide”, “medium wide” (Standardvorgabe), “medium”, “medium narrow”, “narrow” und “fine”.

1. Drücken Sie (AVG) **System Bandwidth** .
2. Wählen Sie die gewünschte Systembandbreite:

   Wide 6500 Hz

   Med Wide 4000 Hz

   Medium 3700 Hz

   Med Narrow 1200 Hz

   Narrow 250 Hz

   Fine 15 Hz

Ändern des “Averaging Factor”

Bei aktiver “Averaging”-Funktion berechnet der Analysator die dargestellte Meßkurve punktweise aus den Ergebnissen mehrerer Messungen. Die Mittelwertberechnung erfolgt nach einem exponentiellen Verfahren; die Anzahl der für die Berechnungen herangezogenen Messungen und deren Wichtung wird durch den “Averaging Factor” bestimmt, den Sie vorgeben können.

Eine Vergrößerung des “Averaging Factor” hat folgende Auswirkungen:

- Der Signal/Rauschabstand nimmt zu.
- Die Wobbelzeit für eine einzelne Wobbelung bleibt gleich, aber
- die Gesamtmeßzeit verlängert sich.

Sehr niederfrequentes Rauschen läßt sich mit Hilfe der “Averaging”-Funktion besser unterdrücken als durch Verringern der Systembandbreite.

1. Drücken Sie (AVG) **Average Factor** , geben Sie einen Mittelungsfaktor ein, der kleiner als der angezeigte ist, und drücken Sie (ENTER).
2. Drücken Sie **Average on OFF** .

HINWEIS

Bei aktiver Meßdatenmittelung wird in der unteren rechten Ecke des Bildschirms ein Hinweis im Format `Avg x,y` angezeigt. “x” bezeichnet den Mittelungsfaktor für Kanal 1, und “y” den Mittelungsfaktor für Kanal 2. Falls nur ein Kanal eingeschaltet ist, wird nur der Mittelungsfaktor für den betreffenden Kanal angezeigt.

Verringern des Rauschens

Das der Meßkurve überlagerte Rauschen läßt sich auf dreierlei Weise reduzieren: Meßdatenmittelung, Reduktion der Systembandbreite oder Unterdrückung von Nebenwellen.

Rauschreduktion durch Meßdatenmittelung

Die Meßdatenmittelungsfunktion basiert auf einer gewichteten gleitenden Mittelwertbildung. Mit jedem Wobbelzyklus erhöht sich der effektive Mittelungsfaktor, und entsprechend nimmt das Rauschen ab.

1. Drücken Sie (AVG) **Average Factor** .
2. Geben Sie einen Wert ein und drücken Sie (ENTER).
3. Drücken Sie **Average on OFF** .

   Ausführlichere Informationen über die Meßdatenmittelung finden Sie im vorausgegangenen Abschnitt.

Rauschreduktion durch Verringern der Systembandbreite

Eine Reduktion der Systembandbreite bewirkt eine Rauschreduktion während jedes einzelnen Wobbelzyklus. Durch das Verringern der Systembandbreite kann sich jedoch auch die Wobbelgeschwindigkeit verringern. Die Meßdatenmittelungsfunktion reduziert das Rauschen durch Mittelung über mehrere Wobbelzyklen hinweg, wogegen sich die Reduktion der Systembandbreite in jedem einzelnen Wobbelzyklus rauschmindernd auswirkt. Ausführlichere Informationen über die Systembandbreite finden Sie im vorausgegangenen Abschnitt.

Drücken Sie (AVG) **System Bandwidth** **Narrow 250 Hz** oder **Fine 15 Hz** .

Durch das Verringern der Systembandbreite verlängert sich die Wobbelzeit. In der Betriebsart “Sweep Time AUTO” wählt der Analysator automatisch die größtmögliche Wobbelgeschwindigkeit, die mit der gewählten Systembandbreite verträglich ist. (“Sweep Time AUTO” ist standardmäßig aktiviert).

Unterdrückung interner Nebenwellen

Nebenwellen sind unerwünschte interne Mischprodukte.

Der Analysator bietet zwei verschiedene Funktionen zur Unterdrückung von Nebenwellen. Beide Funktionen verschieben die Frequenzen der Nebenwellen in der Weise, daß sich die Frequenz des Meßsignals nicht verändert. Diese Verschiebung wird durch Verändern interner Frequenzen erreicht, welche die störenden Mischprodukte hervorrufen. Die beiden Funktionen sind:

- "Dither"
- "Spur avoid"

Die "Dither"-Funktion ist bei kleinen Wobbelbandbreiten (etwa <15 MHz) die wirkungsvollere. Falls auch bei aktiver "Dither"-Funktion noch Nebenwellen sichtbar sind, verwenden Sie statt dessen die "Spur Avoid"-Funktion.

Verschieben von Nebenwellen durch Dithering

Die "Dither"-Funktion verschiebt die Frequenzen sämtlicher Nebenwellen einmalig um einen kleinen Betrag und wirkt sich nicht negativ auf die Wobbelgeschwindigkeit aus. Es kann allerdings vorkommen, daß die Verschiebung nicht ausreicht, um einige innerhalb des Meßfrequenzbandes liegende Nebenwellen aus dem Band heraus zu schieben, oder daß sogar Nebenwellen, die ursprünglich außerhalb des Bandes lagen, in das Band hinein geschoben werden. Aus diesem Grund eignet sich die "Dither"-Funktion am besten für schmalbandige Messungen mit benutzerdefinierter Kalibrierung. Die "Dither"-Funktion wird folgendermaßen benutzt:

1. Drücken Sie (MENU) **Spur Avoid Options** **Dither** .
2. Führen Sie eine benutzerdefinierte Kalibrierung durch. Informationen über Kalibrierprozeduren finden Sie in Kapitel 5, "Verbessern der Meßgenauigkeit durch Kalibrierung ".

VORSICHT

Die Kalibrierung muß in Verbindung mit der gleichen Nebenwellen-Unterdrückungsfunktion durchgeführt werden, die auch bei den späteren Messungen angewandt wird. Ist dies nicht der Fall, so erhalten Sie ungültige Meßergebnisse.

Aktivieren der “Spur Avoidance”-Funktion

Bei aktiver “Spur Avoidance”-Funktion wobbelt der Analysator bis zu einer Frequenz kurz vor einer Nebenwelle, unterbricht dann die Wobbelung, verschiebt die Nebenwelle, wobbelt dann über die ursprüngliche Nebenwellenfrequenz hinweg, unterbricht wiederum die Wobbelung, verschiebt die Nebenwelle wieder zurück und setzt anschließend die Wobbelung fort. Die auf diese Weise zu “umgehenden” Nebenwellen werden mit Hilfe eines speziellen Algorithmus berechnet, der die Nebenwellenfrequenzen, die Wobbelbandbreite, die Anzahl der Meßpunkte, die Wobbelzeit und die Systembandbreite berücksichtigt.

Die “Spur Avoidance”-Funktion wird folgendermaßen benutzt:

1. Drücken Sie (MENU) **Spur Avoid Options** **Spur Avoid** .
2. Führen Sie eine benutzerdefinierte Kalibrierung durch. Eine Beschreibung der Kalibrierprozeduren finden Sie in Kapitel 5.

HINWEIS Durch die “Spur Avoid”-Funktion verlängert sich die Wobbelzeit. Da Nebenwellen vorzugsweise im unteren Frequenzbereich auftreten, können Sie die Wobbelgeschwindigkeit erhöhen, indem Sie für die Start-Frequenz einen möglichst hohen Wert wählen.

VORSICHT Die Kalibrierung muß in Verbindung mit der gleichen Nebenwellen-Unterdrückungsfunktion durchgeführt werden, die auch bei den späteren Messungen angewandt wird. Ist dies nicht der Fall, so erhalten Sie ungültige Meßergebnisse.

VORSICHT Wenn Sie die “Spur Avoid”-Funktion abschalten, wird die Kalibrierung ungültig.

Verringern der Anpassungsfehler

Anpassungsfehler entstehen dadurch, daß die Eingangs- und Ausgangsimpedanzen des Analysators nicht über den gesamten Frequenzbereich hinweg exakt 50 Ohm bzw. 75 Ohm betragen. Quellenanpassungsfehler entstehen am Übergang zwischen der Signalquelle und dem Prüfling; Lastanpassungsfehler entstehen am Übergang zwischen dem Prüfling und der Last. Wenn der Prüfling nicht unmittelbar am Signalquellenausgang oder Empfängereingang des Analysators angeschlossen ist, werden die durch Kabel, Adapter usw. verursachten Anpassungsfehler als Bestandteil des Quellen- und Lastanpassungsfehlers betrachtet. Die Quellen- und Lastanpassungsfehler-Terme können durch die nachfolgend beschriebenen Maßnahmen reduziert werden.

Reduktion der Anpassungsfehler bei Reflexionsmessungen

Die beste Methode zur Reduktion der Anpassungsfehler bei Reflexionsmessungen an einem Zwei-Tor-Bauteil besteht darin, unmittelbar am Anschlußpunkt des Prüflings eine Zwei-Tor-Kalibrierung durchzuführen, und zwar mit exakt den gleichen Frequenzparametern, die auch bei der späteren Messung verwendet werden sollen. Anpassungsfehler lassen sich auch durch eine Ein-Tor-Kalibrierung reduzieren, allerdings nicht im gleichen Maße wie durch eine Zwei-Tor-Kalibrierung. Der Vorteil einer Ein-Tor-Kalibrierung ist die höhere Wobbelgeschwindigkeit. Die Genauigkeit einer Ein-Tor-Kalibrierung für ein Zwei-Tor-Bauteil kann drastisch verbessert werden, indem der Ausgang des Bauteils nicht an den Empfängereingang des Analysators angeschlossen, sondern mit einem hochwertigen Impedanzabschluß (beispielsweise einem Lastnormal aus einem Kalibrier-Kit) abgeschlossen wird.

1. Konfigurieren Sie Ihren Analysator für eine Port-1-Reflexionsmessung (S_{11}) oder eine Port2-Reflexionsmessung (S_{22}), und geben Sie die gewünschten Frequenzparameter ein.
2. Drücken Sie (CAL) **User 2-Port** or **User 1-Port** .
3. Befolgen Sie die auf dem Bildschirm angezeigten Anweisungen.

Einzelheiten über die für Reflexionsmessungen verfügbaren Kalibrierverfahren finden Sie in Kapitel 5.

Reduktion der Anpassungsfehler bei Transmissionsmessungen

Die beste Methode zur Reduktion der Anpassungsfehler bei Transmissionsmessungen an einem Zwei-Tor-Bauteil besteht darin, unmittelbar am Anschlußpunkt des Prüflings eine Zwei-Tor-Kalibrierung durchzuführen, und zwar mit exakt den gleichen Frequenzparametern, die auch bei der späteren Messung verwendet werden sollen. Quellenanpassungsfehler lassen sich auch durch eine erweiterte Frequenzgangkalibrierung reduzieren, allerdings nicht im gleichen Maße wie durch eine Zwei-Tor-Kalibrierung. Es wird empfohlen, zur Minimierung des Lastanpassungsfehlers am Ausgang des Prüflings ein Dämpfungsglied vorzusehen. Der Vorteil einer erweiterten Frequenzgangkalibrierung gegenüber einer Zwei-Tor-Kalibrierung ist die höhere Wobbelgeschwindigkeit.

1. Konfigurieren Sie Ihren Analysator für eine Vorwärts-Transmissionsmessung (S_{21}) oder eine Rückwärts-Transmissionsmessung (S_{12}), und geben Sie die gewünschten Frequenzparameter vor.
2. Drücken Sie CAL **User 2-Port** or CAL **User Response** **Enhanced Response** .
3. Befolgen Sie die auf dem Bildschirm angezeigten Anweisungen.

Einzelheiten über die für Transmissionsmessungen verfügbaren Kalibrierverfahren finden Sie in Kapitel 5.

HINWEIS Wenn Sie sich für eine erweiterte Frequenzgangkalibrierung entscheiden, sollten Sie den Ausgang des Prüflings mit einem hochwertigen Impedanzabschluß abschließen. Siehe Abbildung 2-35 in Kapitel 2. Ein Dämpfungsglied mit einem Dämpfungsfaktor von 6 bis 10 dB reicht bereits aus, um den Anpassungsfehler deutlich zu reduzieren.

HINWEIS Ein Abschwächer zwischen dem Ausgang des Prüflings und dem Empfängereingang reduziert den Dynamikbereich des Systems.

Verringern der Anpassungsfehler bei kombinierten Reflexions- und Transmissionsmessungen

Wenn Sie Reflexions- und Transmissionsmessungen gleichzeitig (oder ohne Ändern der Meßanordnung) durchführen möchten, sollten Sie eine Zwei-Tor-Kalibrierung durchführen. Alternativ können Sie eine Ein-Tor-Kalibrierung für Reflexionsmessungen und eine erweiterte Frequenzgangkalibrierung für Transmissionsmessungen durchführen (jeweils mit den Frequenzeinstellungen, die auch für die späteren Messungen verwendet werden sollen); dieses Verfahren ist jedoch weniger genau als eine Zwei-Tor-Kalibrierung. Wenn Sie sich für dieses Verfahren entscheiden, sollten Sie zur Verbesserung der Meßgenauigkeit am Ausgang des Prüflings ein Dämpfungsglied mit einem Dämpfungsfaktor zwischen 6 und 10 dB vorsehen. Der Vorteil einer Kombination aus Ein-Tor-Kalibrierung und erweiterter Frequenzgangkalibrierung ist die höhere Wobbelgeschwindigkeit.

HINWEIS

Ein Abschwächer zwischen dem Ausgang des Prüflings und dem Empfängereingang reduziert den Dynamikbereich des Systems.

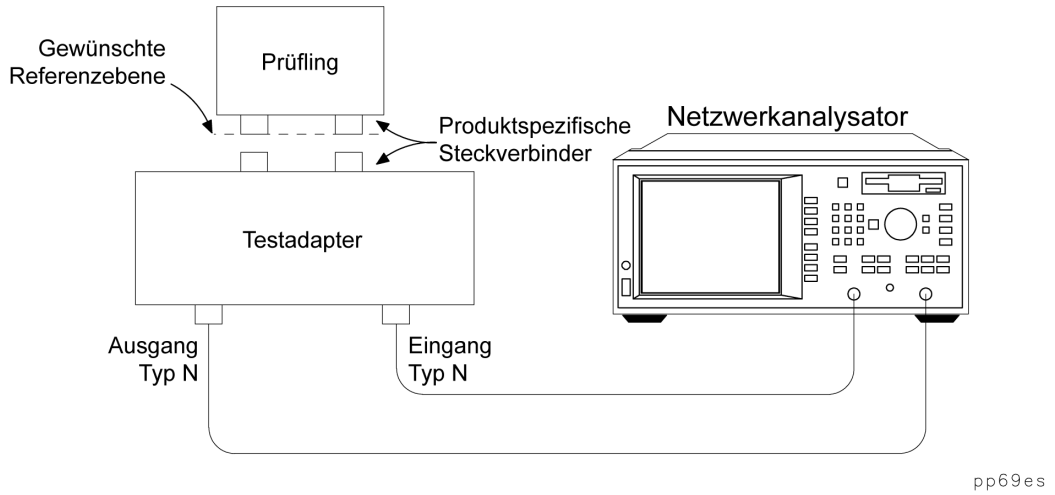
Kompensieren von Phasenverschiebungen innerhalb der Meßanordnung

Referenzebenenverschiebung

Die “Port Extension”-Funktion (Referenzebenenverschiebung) ermöglicht es, die von Kabeln, Adaptern, Testadaptern und anderen Teilen der Meßanordnung verursachten Phasenverschiebungen rechnerisch zu kompensieren.

Diese Funktion ist besonders dann nützlich, wenn es nicht möglich ist, unmittelbar an der Anschlußstelle des Prüflings eine Kalibrierung durchzuführen. (Siehe Abbildung 4-2, “Kompensation der vom Testadapter verursachten Phasenverschiebung”). Angenommen, Sie verwenden einen Testadapter, der “analysatorseitig” mit Typ-N-Anschlüssen ausgestattet ist. Da Sie ein entsprechendes Kalibrier-Kit besitzen, ist es kein Problem, an diesen Anschlüssen eine Kalibrierung durchzuführen. Dadurch wird allerdings die elektrische Länge des Testadapters nicht eliminiert. Die optimale Referenzebene für die Kalibrierung wäre die andere Seite des Testadapters. Diese aber besitzt bauteilspezifische Steckverbinder, für die kein Kalibrier-Kit verfügbar ist. In diesem Fall können Sie mit Hilfe der “Port Extension”-Funktion die vom Testadapter verursachte Phasenverschiebung kompensieren.

Abbildung 4-2 Kompensation der vom Testadapter verursachten Phasenverschiebung



Drücken Sie zum Aktivieren der “Port extension”-Funktion (CAL) **More Cal** **Port Extensions** **Port Ext's on OFF**. Sie können für die Reflexions- und Transmissions-Pfade jeweils individuell eine zu addierende Verzögerung vorgeben.

Wenn eine Verzögerung zwischen dem PORT 1 und dem Prüfling addiert werden soll, drücken Sie **Port 1 Extension**, und geben Sie dann den gewünschten Verzögerungswert ein.

Wenn eine Verzögerung zwischen dem PORT 2 und dem Prüfling addiert werden soll, drücken Sie **Port 2 Extension**, und geben Sie dann den gewünschten Verzögerungswert ein.

TIP

Den optimalen Verzögerungswert können Sie wie folgt bestimmen: Ersetzen Sie den Prüfling durch ein Kurzschlußnormal. Stellen Sie den Verzögerungswert so ein, daß sich ein horizontaler Phasenfrequenzgang ergibt. (Beachten Sie, daß die meisten Kurzschlußnormale eine elektrische Länge größer Null aufweisen; daraus resultiert ein Restfehler in Höhe der doppelten elektrischen Länge des Kurzschlußnormals).

Die von Ihnen eingegebenen Verzögerungswerte werden automatisch auf Transmissions- und Reflexionsmessungen angewandt. So wird beispielsweise bei einer S_{11}-Messung automatisch der doppelte Wert der Verzögerung für Port 1 angewandt. Bei einer S_{21}-Messung wird der Verzögerungswert für Port 2 nur einfach angewandt.

Elektrische Verzögerung

Eine weitere Möglichkeit zur Referenzebenenverschiebung bietet die Funktion **Electrical Delay**, auf die Sie über die Taste (SCALE) zugreifen können. Die “Electrical Delay”-Funktion (elektrische Verzögerung) ermöglicht es, zu den aktuellen Meßdaten eine Verzögerung zu addieren, um Phasenverschiebungen zu kompensieren. Wenn Sie im Bereich einer bestimmten Frequenz einen ebenen Phasenfrequenzgang erhalten möchten, markieren Sie diese Frequenz, und drücken Sie anschließend (MARKER) **Marker Functions** **Marker -> Elec Delay**. Der Analysator wählt daraufhin automatisch für den für einen horizontalen Phasenfrequenzgang bei der markierten Frequenz erforderlichen Wert für die elektrische Verzögerung.

Die elektrische Verzögerung wird normalerweise bei Transmissionsmessungen dazu verwendet, die elektrische Länge oder den Phasenlinearitätsfehler des Prüflings zu bestimmen.

Im Gegensatz zum “Port Extension”-Wert wird der “Electrical Delay”-Wert beim Umschalten von Transmissions- auf Reflexionsmessung nicht automatisch verdoppelt. Deshalb ist bei Messungen an Ein-Tor-Bauteilen oder wenn es darum geht, die elektrische Länge des Testadapters zu kompensieren, die “Port Extension”-Funktion gegenüber der “Electrical Delay”-Funktion zu bevorzugen.

HINWEIS Die Referenzebenenverschiebung betrifft nur Messungen in der Betriebsart Schmalband-Detektor.

Messungen an Bauteilen mit großer elektrische Länge

Bei Schmalband-Detektor-Messungen an Bauteilen mit großer elektrischer Länge können die gemessenen Amplituden von der Wobbelgeschwindigkeit abhängen. Der Grund dafür ist, daß das Meßsignal eine gewisse Zeit benötigt, um die zwischen dem Ausgang RF OUT und dem Eingang RF IN liegenden Komponenten (Meßkabel, Adapter, Prüfling) zu durchlaufen. Dies führt dazu, daß bei hoher Wobbelgeschwindigkeit und großer elektrischer Länge zwischen RF OUT und RF IN das Signal am Eingang RF IN eine geringfügig niedrigere Frequenz aufweist als das Signal am Ausgang RF OUT. Dieser Effekt wird als “Frequenz-Shift” bezeichnet. Die Frequenz-Shift läßt sich nach folgender Gleichung berechnen:

$$Frequenzshift = Laufzeit \times \frac{Wobbelbandbreite}{Wobbelzeit}$$

Der mit dem Eingang RF IN verbundene, schmalbandige Empfänger wird exakt auf die momentane Frequenz des über den Ausgang RF OUT ausgegebenen Signals abgestimmt, wobei die Eingangsbandbreite des Empfängers von der gewählten Systembandbreite abhängt. Wenn die Frequenz des Signals am Eingang RF IN niedriger ist als die des Signals am Ausgang RF OUT, mißt der Empfänger aufgrund der Durchlaßkurve des die Systembandbreite bestimmenden Bandfilters eine zu geringe Amplitude. Dieser Amplitudenfehler wird mit zunehmender Frequenz-Shift größer. Ebenso wird der Amplitudenfehler mit abnehmender Systembandbreite größer.

Der Analysator ist so ausgelegt, daß die Auswirkungen der Frequenz-Shift bei Verwendung eines kurzen Kabels zwischen RF OUT und RF IN vernachlässigt werden können. Bei Verwendung eines langen Kabels (oder eines Prüflings mit langer elektrischer Verzögerung) kann die Meßgenauigkeit – insbesondere bei hohen Wobbelgeschwindigkeiten – durch die Frequenz-Shift beeinträchtigt werden. Wenn Sie vermuten, daß dies der Fall ist, können Sie die diesbezüglichen Fehler durch folgende Maßnahmen reduzieren:

- Verlängern der Wobbelzeit
- Verkleinern der Wobbelbandbreite
- Vergrößern der Systembandbreite
- Verwendung kürzerer Meßkabel
- Vollständiges Eliminieren der Auswirkung der Frequenz-Shift durch Verwendung des Breitband-Detektors.

5 Verbessern der Meßgenauigkeit durch Kalibrierung

Einführung

Im folgenden Abschnitt, “Grundlagen der Kalibrierung”, werden zunächst die Grundlagen der Kalibrierung erläutert. Die darauffolgenden Abschnitte enthalten Hinweise zur Auswahl des adäquaten Kalibrierverfahrens sowie zur Durchführung der Kalibrierung und Abspeicherung der Kalibrierdaten.

Beispiele für die Kalibrierung von Transmissions- und Reflexionsmessungen finden Sie auch in Kapitel 2, “Durchführung von Messungen”.

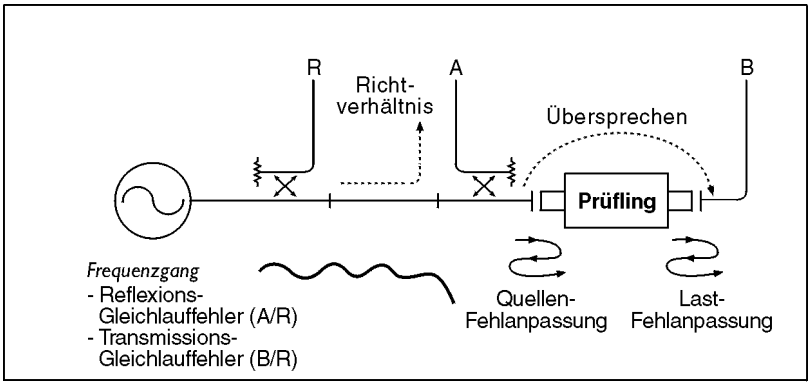
Grundlagen der Kalibrierung

"Kalibrierung" ist der Oberbegriff für eine Reihe von Verfahren zur Korrektur systematischer Meßfehler. Gemeinsames Merkmal aller dieser Verfahren ist, daß die systematischen Meßfehler zunächst mit Hilfe von Referenzmessungen an hochgenauen Normalen bestimmt werden. Aus den Ergebnissen dieser Referenzmessungen werden Korrekturfaktoren abgeleitet und intern gespeichert. Diese Korrekturfaktoren werden bei den anschließenden Messungen dazu verwendet, die systematischen Meßfehler rechnerisch zu kompensieren. Kalibrierung wird gelegentlich auch als Genauigkeitsverbesserung oder Fehlerkorrektur bezeichnet. Meßfehler lassen sich in drei Kategorien einteilen: zufällige Fehler, Drift und systematische Fehler. Zufällige Fehler – hierzu zählen beispielsweise Rauschen oder die Reproduktionsunsicherheit der Dämpfung von Steckverbindungen – sind nicht reproduzierbar und lassen sich daher nicht durch Kalibrierung eliminieren. Drift-Fehler, beispielsweise Temperatur- oder Frequenzdrift, die nach erfolgter Kalibrierung auftreten, lassen sich durch erneute Kalibrierung eliminieren.

Bei HF-Messungen dominieren zumeist die systematischen Fehler wie z. B. Fehlanpassung oder mangelhafter Gleichlauf zwischen Signalquelle und Empfänger. Glücklicherweise sind systematische Fehler reproduzierbar und lassen sich daher größtenteils korrigieren, wobei ein geringer Restfehler allerdings unvermeidlich ist.

Die wichtigsten Quellen systematischer Fehler sind: Empfänger-Frequenzgang, Übersprechen zwischen den Signalpfaden sowie Reflexionen infolge von Fehlanpassungen innerhalb der Meßanordnung.

Abbildung 5-1 Systematische Meßfehler

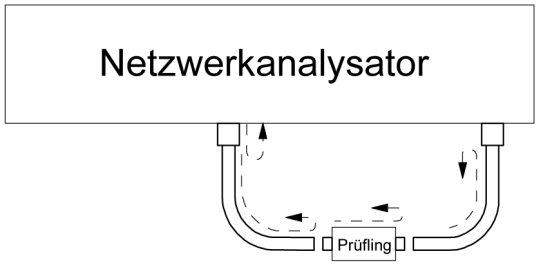


Frequenzgangfehler (Transmissions- und Reflexions-Gleichlauffehler) entstehen, wenn bei Verhältnismessungen die beiden Empfänger unterschiedliche Frequenzgänge aufweisen.

Übersprechfehler entstehen, wenn Signale von einem Pfad in einen anderen übersprechen. Die Fehlerquelle bei Transmissionsmessungen ist das Übersprechen zwischen den Meßanschlüssen. Die Fehlerquelle bei Reflexionsmessungen ist die nicht-ideale Richtwirkung interner Bauteile für die Signaltrennung.

Anpassungsfehler entstehen dadurch, daß die Eingangs- und Ausgangsimpedanzen des Analysators nicht über den gesamten Frequenzbereich hinweg exakt der Systemimpedanz entsprechen. Quellenanpassungsfehler entstehen am Übergang zwischen der Signalquelle und dem Prüfling; Lastanpassungsfehler entstehen am Übergang zwischen dem Prüfling und der Last. Wenn der Prüfling nicht unmittelbar am Signalquellenausgang oder Empfängereingang des Analysators angeschlossen ist, werden die durch Kabel, Adapter usw. verursachten Anpassungsfehler als Bestandteil des Quellen- und Lastanpassungsfehlers betrachtet.

Abbildung 5-2 Anpassungsfehler bei Vorwärts-Reflexionsmessungen



pp610es

Der Analysator unterstützt mehrere Methoden zur Bestimmung und Korrektur dieser Fehler. Jede dieser Methoden eliminiert einen oder mehrere systematische Fehler; die Grundlage der Fehlerkorrektur ist eine als Fehlermodell bezeichnete mathematische Gleichung. Die Werte der verschiedenen Terme des Fehlermodells werden mit Hilfe von Refeenzmessungen an hochgenauen Kalibriernormalen (Kurzschluß-, Leerlauf-, Last- und Durchgangsstecker) bestimmt. Die Genauigkeit kalibrierter Messungen ist entscheidend von der Genauigkeit der verwendeten Kalibriernormale abhängig. Mit Kalibriernormalen von Hewlett-Packard erzielen Sie eine sehr hohe Genauigkeit.

Während des Kalibrierprozesses berechnet der Analysator die Differenzen zwischen den gemessenen Werten und den bekannten Werten des jeweiligen Kalibriernormals. Diese Differenzen werden als Korrekturfaktoren intern abgespeichert. Bei anschließenden Messungen an Prüflingen werden die systematischen Meßfehler mit Hilfe dieser Korrekturfaktoren rechnerisch eliminiert.

Eine Übersicht über die verfügbaren Kalibrierverfahren finden Sie in Tabelle 5-1 und Abbildung 5-4.

Das Modell für die vollständige Zwei-Tor-Kalibrierung berücksichtigt alle sechs systematischen Fehlerterme für die Vorwärtsrichtung und die gleichen sechs Fehlerterme (mit anderen Werten) für die Rückwärtsrichtung, insgesamt also zwölf Fehlerterme. Diese vektorielle, vollständige Zwei-Tor-Kalibrierung korrigiert alle signifikanten systematischen Fehler und gewährleistet bei Messungen an Zweitor-Bauteilen die größtmögliche Meßgenauigkeit. Standardmäßig ist jedoch die in diesem Modell enthaltene Isolationskalibrierung abgeschaltet (**Isolation on OFF**), so daß normalerweise nur zehn der zwölf Fehlerterme berücksichtigt werden. Der Grund dafür ist, daß die Isolationskalibrierung (elfter und zwölfter Fehlerterm) nur bei Messungen an Bauteilen mit hoher Isolation und bei Messungen über einen großen Dynamikbereich benutzt werden soll. Die Stellung des Softkeys **Isolation on OFF** beeinflußt sowohl die standardmäßige als auch die benutzerdefinierte Zwei-Tor-Kalibrierung. Bei der Messung des Frequenzgangs des Last-Kalibriernormals im Rahmen einer Zwei-Tor-Kalibrierung werden immer auch die Isolations-Kalibrierdaten erfaßt; angewandt werden diese Daten jedoch nur dann, wenn Sie die Isolationskalibrierung per Softkey aktivieren. Beachten Sie, daß zur genauen Messung aller vier S-Parameter eine Zwei-Tor-Kalibrierung (mit zehn oder zwölf Fehlertermen) unabdingbar ist.

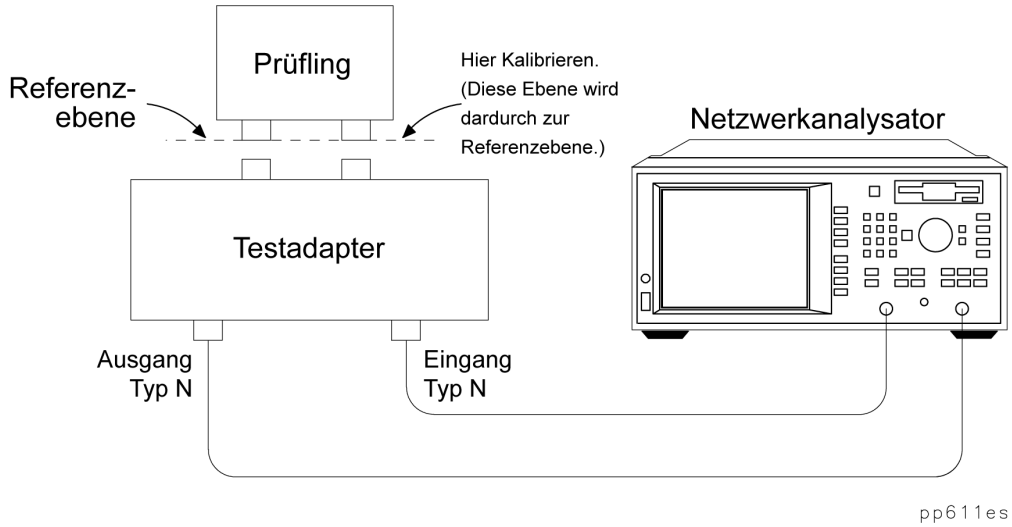
Damit Sie eine hohe Kalibiergenauigkeit erzielen, sollten Sie folgendes beachten:

- Verwenden Sie ausschließlich hochwertige Kalibriernormale, und behandeln Sie diese äußerst sorgsam.
- Bevor Sie eine benutzerdefinierte Zwei-Tor-Kalibrierung, eine benutzerdefinierte Ein-Tor-Kalibrierung oder eine erweiterte Frequenzgangkalibrierung durchführen, müssen Sie am Analysator das verwendete Kalibrier-Kit eingeben: (CAL) **More Cal** **Cal Kit** .
- Ziehen Sie die Sicherungsschrauben an den Steckverbindungen der Kalibriernormale bzw. Prüflinge immer gleich stark an. Für 3,5 mm-Steckverbindungen sollten Sie nach Möglichkeit einen Drehmomentschlüssel verwenden.
- Halten Sie die Umgebungstemperaturschwankungen möglichst gering.
- Verwenden Sie ausschließlich hochwertige Kabel (beispielsweise halbstarre).
- Bewegen Sie die Kabel möglichst wenig.

Referenzebene für die Kalibrierung

In den meisten Fällen werden Sie den Prüfling nicht unmittelbar an der Frontplatte des Analysators anschließen, sondern über Kabel und/oder Adapter. Siehe Abbildung 5-3, “Referenzebene für die Kalibrierung.” Die Referenzebene für die Kalibrierung ist die Ebene der Steckverbinder, an welche die Kalibriernormale angeschlossen werden; die Referenzebene für die Messungen ist die Ebene der Steckverbinder, an welche der Prüfling angeschlossen wird. Die genauesten Meßergebnisse erhalten Sie, wenn diese Referenzebenen in einer Linie liegen, so daß die Einflüsse der Kabel und/oder Adapter “auskalibriert” werden können. Dies kann beispielsweise dadurch erreicht werden, daß die Kalibriernormale am gleichen Punkt angeschlossen werden wie später der Prüfling. Siehe hierzu Abbildung 5-3. Informationen über die Auswahl passender Kalibriernormale finden Sie unter “Kalibrier-Kits” weiter unten in diesem Kapitel. Alternativ können Sie die Kalibriernormale unmittelbar an die Frontplattenanschlüsse des Analysators anschließen und die daraus resultierenden Fehler mit Hilfe der in Kapitel 4 beschriebenen “Port Extension”-Funktion korrigieren; dieses Verfahren ist jedoch weniger genau.

Abbildung 5-3 Referenzebene für die Kalibrierung



Standardmäßige und benutzerdefinierte Kalibrierung

Der Analysator bietet Standard-Kalibrierfunktionen, die mit vektorieller Fehlerkorrektur arbeiten. In vielen Fällen ist die damit erreichbare Genauigkeit ausreichend, so daß auf eine benutzerdefinierte Kalibrierung verzichtet werden kann. Diese Standard-Kalibrierfunktionen ermöglichen eine schnelle und einfache Kalibrierung, sind jedoch weniger genau als eine benutzerdefinierte Kalibrierung. Nachfolgend wird beschrieben, wie Sie herausfinden können, ob Ihre Meßanordnung mit den Standard-Kalibrierfunktionen kompatibel ist oder eine benutzerdefinierte Kalibrierung erfordert.

Wann eine Standard-Kalibrierung ausreicht

- Ihre Meßaufgabe erfordert nicht die größtmögliche Meßgenauigkeit.
- Der Prüfling ist unmittelbar (ohne zwischengeschaltete Kabel oder Adapter) an den Ausgangsanschluß des Analysators angeschlossen.

Wenn Ihre Meßanordnung diese Bedingungen erfüllt, genügt eine Standard-Kalibrierung. Beachten Sie jedoch, daß bei Verzicht auf eine benutzerdefinierte Kalibrierung die Einhaltung der Port-Spezifikationen nicht gewährleistet ist.

Wann eine benutzerdefinierte Kalibrierung erforderlich ist

- Ihre Meßaufgabe erfordert größtmögliche Meßgenauigkeit.
- Sie verwenden Adapter zur Anpassung des Analysators an einen anderen Steckertyp oder eine andere Impedanz.
- Der Prüfling ist über ein Kabel am Ausgangsanschluß des Analysators angeschlossen.
- Sie führen Messungen über ein schmales Frequenzband durch, oder der Prüfling besitzt eine große elektrische Länge.
- Dem Eingang oder Ausgang des Prüflings ist ein Dämpfungsglied oder ähnliches Bauteil vor- bzw. nachgeschaltet.

Verfügbare Kalibrierverfahren

Wählen Sie zunächst das für Ihre Messung passende Kalibrierverfahren. Gehen Sie folgendermaßen vor:

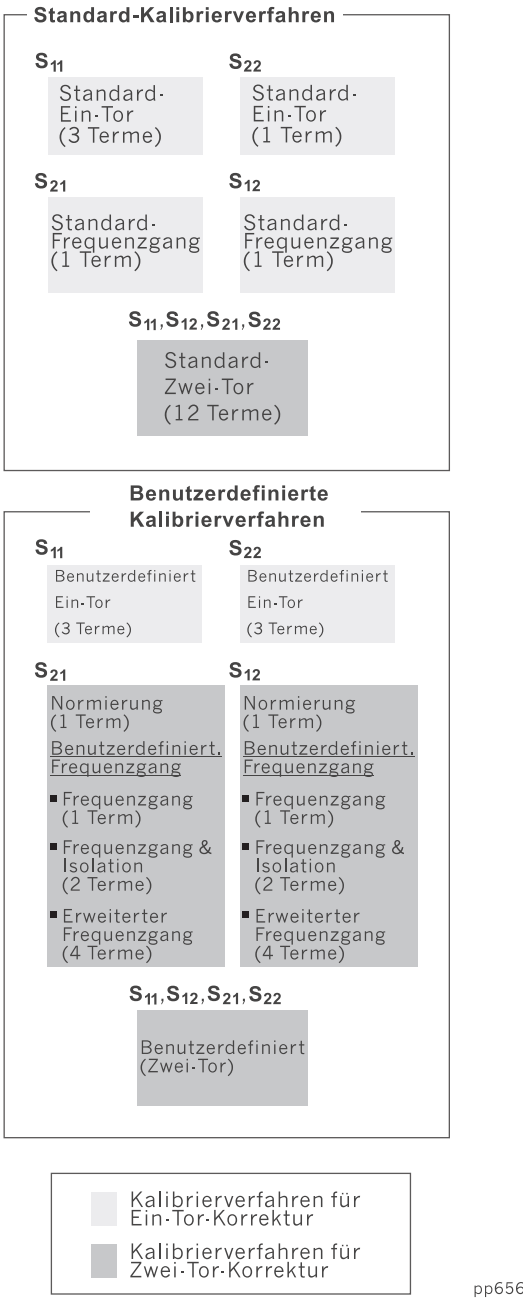
1. Konfigurieren Sie den Analysator für Ihre Messung:
   - Wählen Sie (MEAS 1) *oder* (MEAS 2).
   - Geben Sie die gewünschten Meßparameter ein.
2. Wenn Sie eine benutzerdefinierte Kalibrierung durchführen, müssen Sie ein Kalibrier-Kit wählen, das zu dem Steckverbindertyp an der Referenzebene für die Kalibrierung paßt. Bei einer benutzerdefinierten Zwei-Tor-Kalibrierung müssen Sie für jeden Meßanschluß ein Kalibrier-Kit wählen. Bei einer Ein-Tor-Kalibrierung (beispielsweise einer benutzerdefinierten Ein-Tor-Kalibrierung oder einer erweiterten Frequenzgangkalibrierung) müssen Sie nur für einen Anschluß ein Kalibrier-Kit wählen. Siehe hierzu “Referenzebene für die Kalibrierung” und “Kalibrier-Kits” in diesem Kapitel.
3. Drücken Sie (CAL). Es erscheint ein Softkey-Menü mit den Kalibrierverfahren, die für die in Schritt 1 gewählte Meßfunktion verfügbar sind.

Die für die verschiedenen Meßfunktionen verfügbaren Kalibrier-Kits sind aus Tabelle 5-1 und Abbildung 5-4 ersichtlich. Weiter unten in diesem Kapitel werden die verschiedenen Kalibrierverfahren einzeln erläutert. Zusätzlich wird ein weiteres Kalibrierverfahren beschrieben, das als Normierungskalibrierung bezeichnet wird.

Tabelle 5-1 Verfügbare Kalibrierverfahren

Meßfunktion	Verfügbare Kalibrierverfahren
S_{11} (Reflexionsmessung, Port 1)	"Default 1-Port" "Default 2-Port" "User 1-Port" "User 2-Port"
S_{21} Vorwärts-Transmissionsmessung	"Default Response" "Default 2-Port" "User Response": "Response" "Response & Isolation" "Enhanced Response" "User 2-Port" "Normalize"
S_{12} Rückwärts-Transmissionsmessung	"Default Response" "Default 2-Port" "User Response" "Response" "Response & Isolation" "Enhanced Response" "User 2-Port" "Normalize"
S_{22} Refl Port 2	"Default 1-Port" "Default 2-Port" "User 1-Port" "User 2-Port"
"Fault Location" (nur bei Geräten mit Option 100)	Siehe *Option 100 User's Guide Supplement*.
"SRL" (nur bei Geräten mit Option 100)	Siehe *Option 100 User's Guide Supplement*.
Pegel	"Autozero" "Manual Zero" "Normalize"
Mischdämpfung	"Autozero" "Manual Zero" "Normalize"
"Unratioed narrowband internal detection"	"Normalize"

Abbildung 5-4 Verfügbare Kalibrierverfahren (nur für S-Parameter-Messungen)



Laden der Kalibrierdaten aus einer früheren Kalibrierung

Die Kalibrierfaktoren, die bei einer früheren benutzerdefinierten Kalibrierung ermittelt wurden, können unter bestimmten Bedingungen wiederverwendet werden. In bestimmten Fällen kann es zweckmäßig sein, vorhandene Kalibrierdaten wiederzuverwenden, statt erneut eine Kalibrierung durchzuführen. Folgende Kalibrierdaten können wiederverwendet werden, sofern sie vorhanden sind (und nicht durch manuelle Wahl einer Standardkalibrierung gleichen Typs ungültig wurden) und sofern sie mit der aktuellen Geräteeinstellung kompatibel sind:

- Benutzerdefinierte Zwei-Tor-Kalibrierung (für alle S-Parameter-Messungen)
- Benutzerdefinierte Ein-Tor-Kalibrierung (für S_{11}- und S_{22} Messungen)
- Benutzerdefinierte Frequenzgangkalibrierung-Kalibrierung (für S_{21}- und S_{12} Messungen)

Wenn Sie nach dem Laden früherer Kalibrierdaten die Wobbelbandbreite vergrößern, wird die benutzerdefinierte Kalibrierung ungültig, und es werden automatisch die Standard-Kalibrierdaten für das betreffende Kalibrierverfahren geladen. Wenn Sie anschließend die Wobbelbandbreite wieder so weit verkleinern, daß sie mit den benutzerdefinierten Kalibrierdaten kompatibel ist, werden wieder die benutzerdefinierten Kalibrierdaten angewandt.

Beachten Sie, daß nach dem Laden früherer Kalibrierdaten in der oberen rechten Ecke des Bildschirms der Hinweis “C” angezeigt wird. Dieses “C” bedeutet, daß eine benutzerdefinierte Kalibrierung aktiv ist. Wenn Sie die Wobbelbandbreite reduzieren, ändert sich das “C” zu “C?”. Dies bedeutet, daß der Analysator jetzt fehlende Kalibrierdaten interpoliert. Der Hinweis “C?” wird auch dann angezeigt, wenn andere Systemparameter wie z. B. Meßsignalpegel, Anzahl der Meßpunkte oder Wobbelzeit verändert wurden.

Benutzerdefinierte Kalibrierdaten werden ungültig, wenn Sie manuell eine Standardkalibrierung des gleichen Typs wählen. Das folgende Beispiel verdeutlicht dies:

Eine benutzerdefinierte Ein-Tor-Kalibrierung (für S_{11} und S_{22}) wird ungültig, wenn Sie manuell **Default 1-Port** wählen. Dies hat jedoch keinen Einfluß auf eine benutzerdefinierte Frequenzgangkalibrierung (für S_{21} und S_{12}) oder eine Zwei-Tor-Kalibrierung (für alle S-Parameter).

Die aktuellen benutzerdefinierten Kalibrierdaten werden stets im nichtflüchtigen (batteriegepufferten) Speicher abgelegt. Bei erneuter Ausführung einer Kalibrierung des gleichen Typs gehen diese Daten verloren, falls Sie sie nicht zuvor durch (SAVE RECALL) abgespeichert werden. Siehe “Abspeichern und Wiederabrufen einer Kalibrierung” weiter unten in diesem Kapitel. Wenn der Analysator aus- und wieder eingeschaltet wird, werden die zuletzt gewählten Einstellungen automatisch wiederhergestellt und die zuletzt gültigen Kalibrierdaten automatisch geladen.

HINWEIS

Eine (standardmäßige oder benutzerdefinierte) Zwei-Tor-Kalibrierung, die in einem Meßkanal gewählt wird, wird automatisch auch in dem jeweils anderen Kanal gewählt, es sei denn, der Analysator befindet sich in der Betriebsart “Alternate sweep”.

Auswirkung der Preset-Operation auf die Kalibrierung

Zwei-Tor-Kalibrierung

Wenn es sich bei der aktuellen Kalibrierung um eine (standardmäßige oder benutzerdefinierte) Zwei-Tor-Kalibrierung handelt, geschieht bei einem Preset folgendes:

- Eine Standard-Kalibrierung (keine Zwei-Tor-Kalibrierung) wird automatisch wiederhergestellt *oder*
- Eine benutzerdefinierte Kalibrierung (keine Zwei-Tor-Kalibrierung) wird automatisch wiederhergestellt, falls sie mit der Preset-Einstellung des Analysators kompatibel ist.

Nach einer Preset-Operation können Sie eine benutzerdefinierte Zwei-Tor-Kalibrierung folgendermaßen wiederherstellen:

1. Bringen Sie den Analysator in eine Einstellung, die mit der gewünschten benutzerdefinierten Zwei-Tor-Kalibrierung kompatibel ist.
2. Wählen Sie **User 2-Port** .

Andere Kalibrierungen

Wenn es sich bei der aktuellen benutzerdefinierten Kalibrierung nicht um eine Zwei-Tor-Kalibrierung handelt, geschieht bei einem Preset folgendes:

- Eine Standard-Kalibrierung wird automatisch wiederhergestellt *oder*
- Die aktuelle benutzerdefinierte Kalibrierung bleibt erhalten, sofern sie mit der Preset-Einstellung des Analysators kompatibel ist.

Nach einer Preset-Operation können Sie eine benutzerdefinierte Kalibrierung folgendermaßen wiederherstellen:

1. Bringen Sie den Analysator in eine Einstellung, die mit der gewünschten benutzerdefinierten Kalibrierung kompatibel ist.
2. Wählen Sie per Softkey die wiederherzustellende Kalibrierung.

Durchführung einer Normierungskalibrierung

Normierung ist die einfachste Form der Kalibrierung: Der Analysator führt eine Referenzmessung durch, speichert die dabei erfaßten Meßdaten intern ab und dividiert (bei linearer Darstellung) die aktuellen Meßdaten durch die intern gespeicherten Referenzmeßdaten.

Eine Normierungskalibrierung wird folgendermaßen durchgeführt:

1. Konfigurieren Sie den Analysator für Ihre Messung:
   - Wählen Sie die Meßfunktion
   - Geben Sie die gewünschten Meßparameter ein.
2. Schließen Sie die benötigten Kabel und Adapter genauso an wie für eine normale Messung; lassen Sie dabei jedoch den Prüfling weg.
3. Drücken Sie DISPLAY **Normalize** oder CAL **Normalize on OFF**.
4. Beachten Sie, daß am oberen Rand des Bildschirms jetzt die Meßfunktion und der Hinweis “/M” angezeigt werden. “/M” bedeutet, daß statt der aktuellen Meßdaten das Verhältnis der aktuellen Meßdaten zu den gespeicherten Referenzmeßdaten dargestellt wird.

VORSICHT Die Normierungskalibrierung wird ungültig, falls nach der Kalibrierung eine Frequenzeinstellung verändert wird. Bei einer Normierungskalibrierung findet *keine* Interpolation fehlender Kalibrierdaten statt.

VORSICHT Wenn Sie sich für eine andere Kalibrierung entscheiden, schalten Sie zuvor die Normierungskalibrierung ab: (DISPLAY) **Data** or (CAL) **Normalize ON off** . Beachten Sie, daß beim Abschalten der Normierungskalibrierung der Hinweis "/M" vom Bildschirm verschwindet.

Durchführung einer Transmissionskalibrierung

Weiter unten wird beschrieben, welche Arten von systematischen Fehlern durch die verschiedenen Transmissionskalibrierverfahren korrigiert werden. Diese Kalibrierverfahren betreffen ausschließlich schmalbandige Messungen.

Beispiele für die Durchführung einer Zwei-Tor-Kalibrierung und einer erweiterten Frequenzgangkalibrierung für Transmissionsmessungen finden Sie in Kapitel 2.

Eine Transmissionskalibrierung wird folgendermaßen durchgeführt:

1. Konfigurieren Sie den Analysator für Ihre Messung:
   - Wählen Sie (MEAS 1) *oder* (MEAS 2), **S21 Fwd Trans** *oder* **S12 Rev Trans** .
   - Geben Sie die gewünschten Meßparameter ein.
2. Wenn Sie eine benutzerdefinierte Kalibrierung durchführen, müssen Sie ein Kalibrier-Kit wählen, das zu dem Steckverbindertyp an der Referenzebene für die Kalibrierung paßt. Bei einer benutzerdefinierten Zwei-Tor-Kalibrierung müssen Sie für jeden Meßanschluß ein Kalibrier-Kit wählen. Bei einer erweiterten Frequenzgangkalibrierung müssen Sie nur für einen Meßanschluß ein Kalibrier-Kit wählen. Siehe unter "Referenzebene für die Kalibrierung" und "Kalibrier-Kits" in diesem Kapitel.
3. Drücken Sie (CAL) und anschließend einen der folgenden Softkeys:

Default Response

Mit diesem Softkey starten Sie eine Standard-Kalibrierung. Hierbei werden Standard-Kalibrierdaten geladen, die vor der Auslieferung des Gerätes im Werk (oder im Rahmen von Wartungsmaßnahmen) ermittelt und nichtflüchtig abgespeichert wurden. Diese Frequenzgangkalibrierung wurde über den vollen Frequenzbereich des Gerätes bei 401 Frequenzpunkten durchgeführt; sie dient zur Korrektur systematischer Frequenzgangfehler. Quellen- und Last-Anpassungsfehler werden durch diese Kalibrierung nicht korrigiert. Die Standard-Kalibrierung läßt sich schnell und einfach durchführen, ist jedoch bei kleinen Wobbelbandbreiten weniger genau. Wenn diese Kalibrierung aktiv ist und Sie das dem Analysator beiliegende Kabel messen, erhalten Sie für die Verzögerung den Meßwert 0 Sekunden. Diese Kalibrierung wird auch als Standard-Kalibrierung bezeichnet.

Standard-Zwei

Mit diesem Softkey starten Sie eine Standard-Zwei-Tor-Kalibrierung. Hierbei werden Standard-Kalibrierdaten geladen, die vor der Auslieferung des Gerätes im Werk (oder im Rahmen von Wartungsmaßnahmen) ermittelt und nichtflüchtig abgespeichert wurden. Diese Zwei-Tor-Kalibrierung wurde über den vollen Frequenzbereich des Analysators und über 401 Meßpunkte durchgeführt. Sie dient zur Korrektur systematischer Fehler, die durch Frequenzgang, Quellenanpassungs-, Lastanpassungs- und Richtwirkungsfehler hervorgerufen werden. Die Standard-Kalibrierung läßt sich schnell und einfach durchführen, ist jedoch bei kleinen Wobbelbandbreiten weniger genau. Die Referenzebenen für die Kalibrierung sind die Analysator-Anschlüsse Port 1 und 2; bei Verwendung von Meßkabeln sollten Sie deshalb deren elektrische Länge mit Hilfe der “Port extensions”-Funktion kompensieren (siehe “Referenzebenenverschiebung” in Kapitel 4). Die größtmögliche Meßgenauigkeit erzielen Sie mit einer benutzerdefinierten Zwei-Tor-Kalibrierung. Wenn die standardmäßige Zwei-Tor-Kalibrierung aktiv ist und Sie das dem Analysator beiliegende Kabel messen, erhalten Sie für die Verzögerung den Meßwert 3 ns. Wenn Sie eine Zwei-Tor-Kalibrierung wählen, mißt der Analysator automatisch alle vier S-Parameter. Wenn Sie sich die vier S-Parameter schnell einmal anschauen möchten, drücken Sie (MENU) **Trigger** **Hold** und anschließend im Menü (MEAS 1) oder (MEAS 2) den Softkey für den gewünschten S-Parameter. Eventuell müssen Sie beim Umschalten von einem S-Parameter auf einen anderen die Skalierung verändern.

HINWEIS

Wenn Sie den Softkey **Isolation on OFF** in die Stellung ON bringen, werden auch die durch Übersprechen verursachten systematischen Fehler korrigiert. Dies erreichen Sie mit folgender Tastenfolge: CAL **User 2-Port** **Isolation on OFF** **Default 2-Port** . Bei der Durchführung einer Zwei-Tor-Kalibrierung werden – unabhängig von der Stellung des Softkeys **Isolation on OFF** – stets alle zwölf Fehlerterme gemessen. Deshalb können Sie die Isolationskalibrierung jederzeit aktivieren, ohne zuvor weitere Referenzmessungen durchführen zu müssen. Wenn die Isolationskalibrierung aktiv (ON) ist, führt der Analysator lediglich einige zusätzliche Berechnungen durch, bevor die Meßdaten dargestellt werden. Die Isolationskalibrierung dient zur Korrektur von Übersprechfehlern bei Messungen an Bauteilen mit hoher Isolation oder Messungen über einen weiten Dynamikbereich. Da diese Kalibrierung dem Fehlermodell Rauschen hinzufügt, sollten Sie sie nur dann verwenden, wenn sie tatsächlich benötigt wird.

Frequenzg

Mit diesem Softkey starten Sie eine Frequenzgang-Kalibrierung. Sie werden aufgefordert, ein Durchgangskabel als Kalibriernormal anzuschließen. Anschließend führt der Analysator eine Referenzmessung über den von Ihnen gewählten Frequenzbereich und die von Ihnen vorgegebene Anzahl von Meßpunkten durch. Diese Kalibrierung dient zur Korrektur systematischer Frequenzgangfehler. Quellen- und Last-Anpassungsfehler werden durch diese Kalibrierung nicht korrigiert.

Response & Isolation

Mit diesem Softkey starten Sie eine Frequenzgang- und Isolationskalibrierung. Diese Kalibrierung ist nur dann erforderlich, wenn es auf größtmöglichen Dynamikbereich (>100 dB) ankommt. Im Verlauf der Prozedur werden Sie aufgefordert, zunächst Lastnormale und dann ein Durchgangskabel an die Analysator-Ports anzuschließen. Die Referenzmessungen werden über den von Ihnen gewählten Frequenzbereich und die von Ihnen vorgegebene Anzahl von Meßpunkten durchgeführt. Diese Kalibrierung dient zur Korrektur systematischer Frequenzgangfehler und systematischer Fehler infolge von Übersprechen. Quellen- und Last-Anpassungsfehler werden durch diese Kalibrierung nicht korrigiert.

Frequenzgang, erwei

Mit diesem Softkey starten Sie eine erweiterte Frequenzgangkalibrierung. Diese Kalibrierung ist genauer als die Standard-Frequenzgangkalibrierung. Bei dieser Kalibrierung werden Sie aufgefordert, nacheinander ein Leerlauf-, ein Kurzschluß- und ein Last-Normal an den Port 1 (für S_{21}) oder Port 2 (für S_{12}) und danach ein Durchgangskabel anzuschließen. Die Referenzmessungen werden über den von Ihnen gewählten Frequenzbereich und die von Ihnen vorgegebene Anzahl von Meßpunkten durchgeführt. Diese Kalibrierung dient zur Korrektur systematischer Frequenzgang- und Quellenanpassungsfehler. Last-Anpassungsfehler werden durch diese Kalibrierung nicht korrigiert.

User 2-Port

Mit diesem Kalibrierverfahren erzielen Sie bei Messungen an Zwei-Tor-Bauteilen die bestmögliche Fehlerkorrektur, da dieses Kalibrierverfahren alle signifikanten Fehlerquellen berücksichtigt. Bei dieser Kalibrierung werden Sie aufgefordert, nacheinander ein Durchgang-Kalibriernormal zwischen Port 1 und Port 2 anzuschließen, dann ein Leerlauf-, ein Kurzschluß- und ein Last-Kalibriernormal an Port 1 anzuschließen und zuletzt ein Leerlauf-, ein Kurzschluß- und ein Last-Kalibriernormal an Port 2 anzuschließen. Alle Referenzmessungen erfolgen über das jeweils gewählte Frequenzband und über die vorgegebene Anzahl von Meßpunkten. Die Ergebnisse dieser Referenzmessungen werden zur Korrektur systematischer Frequenzgang-, Quellen- und Lastanpassungs- und Richtwirkungsfehler herangezogen. Wenn Sie eine Zwei-Tor-Kalibrierung wählen, mißt der Analysator automatisch alle vier S-Parameter. Wenn Sie sich die vier S-Parameter schnell einmal anschauen möchten, drücken Sie (MENU) **Trigger** **Hold** und anschließend im Menü (MEAS 1) oder (MEAS 2) den Softkey für den gewünschten S-Parameter. Eventuell müssen Sie beim Umschalten von einem S-Parameter auf einen anderen die Skalierung verändern.

HINWEIS

Wenn Sie den Softkey **Isolation on OFF** in die Stellung ON bringen, werden auch die durch Übersprechen verursachten systematischen Fehler korrigiert. Dies erreichen Sie mit folgender Tastenfolge: (CAL) **User 2-Port** **Isolation on OFF** **User 2-Port**. Bei der Durchführung einer Zwei-Tor-Kalibrierung werden – unabhängig von der Stellung des Softkeys **Isolation on OFF** – stets alle zwölf Fehlerterme

gemessen. Deshalb können Sie die Isolationskalibrierung jederzeit aktivieren, ohne zuvor weitere Referenzmessungen durchführen zu müssen. Wenn die Isolationskalibrierung aktiv (ON) ist, führt der Analysator lediglich einige zusätzliche Berechnungen durch, bevor die Meßdaten dargestellt werden. Die Isolationskalibrierung dient zur Korrektur von Übersprechfehlern bei Messungen an Bauteilen mit hoher Isolation oder Messungen über einen weiten Dynamikbereich. Da diese Kalibrierung dem Fehlermodell Rauschen hinzufügt, sollten Sie sie nur dann verwenden, wenn sie tatsächlich benötigt wird.

Interpolation von Transmissions-Kalibrierdaten

Wenn Sie nach erfolgter Kalibrierung die Wobbelbandbreite vergrößern, werden die Kalibrierdaten ungültig und durch die Standard-Kalibrierdaten ersetzt. Wenn Sie nach erfolgter Kalibrierung die Wobbelbandbreite verkleinern, werden die “fehlenden” Kalibrierdaten interpoliert.

Beachten Sie, daß nach der Durchführung einer Kalibrierung in der oberen rechten Ecke des Bildschirms der Hinweis “C” angezeigt wird. Dieses “C” bedeutet, daß eine benutzerdefinierte Kalibrierung aktiv ist. Wenn Sie die Wobbelbandbreite reduzieren, ändert sich das “C” zu “C?”. Dies bedeutet, daß der Analysator jetzt fehlende Kalibrierdaten interpoliert. Der Hinweis “C?” wird auch dann angezeigt, wenn andere Systemparameter wie z. B. Meßsignalpegel, Anzahl der Meßpunkte oder Wobbelzeit verändert wurden.

Durchführung einer Reflexionskalibrierung

Weiter unten wird beschrieben, welche Arten von systematischen Fehlern durch die verschiedenen Reflexionskalibrierverfahren korrigiert werden. Diese Kalibrierverfahren betreffen ausschließlich schmalbandige Messungen.

Beispiele für die Durchführung einer Zwei-Tor-Kalibrierung und einer Ein-Tor-Kalibrierung für Reflexionsmessungen finden Sie in Kapitel 2.

Eine Reflexionskalibrierung wird folgendermaßen durchgeführt:

1. Konfigurieren Sie den Analysator für Ihre Messung:
   - Wählen Sie (MEAS 1) *oder* (MEAS 2), **S11 Refl Port 1** *oder* **S22 Refl Port 2**.
   - Geben Sie die gewünschten Meßparameter ein.

2. Wenn Sie eine benutzerdefinierte Kalibrierung durchführen, müssen Sie ein Kalibrier-Kit wählen, das zu dem Steckverbindertyp an der Referenzebene für die Kalibrierung paßt. Bei einer benutzerdefinierten Zwei-Tor-Kalibrierung müssen Sie für jeden Meßanschluß ein Kalibrier-Kit wählen. Bei einer benutzerdefinierten Ein-Tor-Kalibrierung müssen Sie nur für einen Meßanschluß ein Kalibrier-Kit wählen. Siehe hierzu "Referenzebene für die Kalibrierung" und "Kalibrier-Kits" in diesem Kapitel.
3. Drücken Sie CAL und anschließend einen der folgenden Softkeys:

Default One-Port

Mit diesem Softkey starten Sie eine Standard-Kalibrierung. Hierbei werden Standard-Kalibrierdaten geladen, die vor der Auslieferung des Gerätes im Werk (oder im Rahmen von Wartungsmaßnahmen) ermittelt und nichtflüchtig abgespeichert wurden. Diese Ein-Tor-Kalibrierung wurde über den vollen Frequenzbereich des Analysators und über 401 Meßpunkte durchgeführt. Sie dient zur Korrektur systematischer Fehler, die durch nicht-ideale Richtwirkung, Quellenanpassung und Frequenzgang hervorgerufen werden. Die Standard-Kalibrierung läßt sich schnell und einfach durchführen, ist jedoch bei kleinen Wobbelbandbreiten weniger genau. Die Referenzebene für die Kalibrierung ist der Analysator-Port 1 (S_{11}) oder Port 2 (S_{22}); falls Sie ein Meßkabel verwenden, sollten Sie dessen elektrische Länge mit Hilfe der "Port extension"-Funktion kompensieren (siehe "Referenzebenenverschiebung" in Kapitel 4). Die größtmögliche Meßgenauigkeit erzielen Sie mit einer benutzer definierten Ein-Tor-Kalibrierung. Diese Kalibrierung wird auch als Standard-Kalibrierung bezeichnet.

Default 2-Port

Mit diesem Softkey starten Sie eine Standard-Zwei-Tor-Kalibrierung. Hierbei werden Standard-Kalibrierdaten geladen, die vor der Auslieferung des Gerätes im Werk (oder im Rahmen von Wartungsmaßnahmen) ermittelt und nichtflüchtig abgespeichert wurden. Diese Zwei-Tor-Kalibrierung wurde über den vollen Frequenzbereich des Analysators und über 401 Meßpunkte durchgeführt. Sie dient zur Korrektur systematischer Fehler, die durch Frequenzgang, Quellenanpassungs-, Lastanpassungs- und Richtwirkungsfehler hervorgerufen werden. Die Standard-Kalibrierung läßt sich schnell und einfach durchführen, ist jedoch bei

kleinen Wobbelbandbreiten weniger genau. Die Referenzebenen für die Kalibrierung sind die Analysator-Anschlüsse Port 1 und 2; bei Verwendung von Meßkabeln sollten Sie deshalb deren elektrische Länge mit Hilfe der “Port extensions”-Funktion kompensieren (siehe “Referenzebenenverschiebung” in Kapitel 4). Die größtmögliche Meßgenauigkeit erzielen Sie mit einer benutzerdefinierten Zwei-Tor-Kalibrierung. Wenn die standardmäßige Zwei-Tor-Kalibrierung aktiv ist und Sie das dem Analysator beiliegende Kabel messen, erhalten Sie für die Verzögerung den Meßwert 3 ns. Wenn Sie eine Zwei-Tor-Kalibrierung wählen, mißt der Analysator automatisch alle vier S-Parameter. Wenn Sie sich die vier S-Parameter schnell einmal anschauen möchten, drücken Sie (MENU) **Trigger** **Hold** und anschließend im Menü (MEAS 1) oder (MEAS 2) den Softkey für den gewünschten S-Parameter. Eventuell müssen Sie beim Umschalten von einem S-Parameter auf einen anderen die Skalierung verändern.

HINWEIS

Wenn Sie den Softkey **Isolation on OFF** in die Stellung ON bringen, werden auch die durch Übersprechen verursachten systematischen Fehler korrigiert. Dies erreichen Sie mit folgender Tastenfolge: (CAL) **User 2-Port** **Isolation on OFF** **Default 2-Port** .. Bei der Durchführung einer Zwei-Tor-Kalibrierung werden – unabhängig von der Stellung des Softkeys **Isolation on OFF** – stets alle zwölf Fehlerterme gemessen. Deshalb können Sie die Isolationskalibrierung jederzeit aktivieren, ohne zuvor weitere Referenzmessungen durchführen zu müssen. Wenn die Isolationskalibrierung aktiv (ON) ist, führt der Analysator lediglich einige zusätzliche Berechnungen durch, bevor die Meßdaten dargestellt werden. Die Isolationskalibrierung dient zur Korrektur von Übersprechfehlern bei Messungen an Bauteilen mit hoher Isolation oder Messungen über einen weiten Dynamikbereich. Da diese Kalibrierung dem Fehlermodell Rauschen hinzufügt, sollten Sie sie nur dann verwenden, wenn sie tatsächlich benötigt wird.

User 1-Port

Bei einer Ein-Tor-Kalibrierung werden Sie aufgefordert, nacheinander ein Leerlauf-, ein Kurzschluß- und ein Last-Normal an den Port 1 (für S_{11}) oder Port 2 (für S_{22}) anzuschließen. Die Referenzmessungen werden über den von Ihnen gewählten Frequenzbereich und die von Ihnen vorgegebene Anzahl von Meßpunkten durchgeführt. Diese Kalibrierung dient zur Korrektur systematischer Fehler, die durch nicht-ideale Richtwirkung, Quellenanpassung und Frequenzgang hervorgerufen werden.

User 2-Port

Mit diesem Kalibrierverfahren erzielen Sie bei Messungen an Zwei-Tor-Bauteilen die bestmögliche Fehlerkorrektur, da dieses Kalibrierverfahren alle signifikanten Fehlerquellen berücksichtigt. Bei dieser Kalibrierung werden Sie aufgefordert, nacheinander ein Durchgang-Kalibriernormal zwischen Port 1 und Port 2 anzuschließen, dann ein Leerlauf-, ein Kurzschluß- und ein Last-Kalibriernormal an Port 1 anzuschließen und zuletzt ein Leerlauf-, ein Kurzschluß- und ein Last-Kalibriernormal an Port 2 anzuschließen. Alle Referenzmessungen erfolgen über das jeweils gewählte Frequenzband und über die vorgegebene Anzahl von Meßpunkten. Die Ergebnisse dieser Referenzmessungen werden zur Korrektur systematischer Frequenzgang-, Quellen- und Lastanpassungs- und Richtwirkungsfehler herangezogen. Wenn Sie eine Zwei-Tor-Kalibrierung wählen, mißt der Analysator automatisch alle vier S-Parameter. Wenn Sie sich die vier S-Parameter schnell einmal anschauen möchten, drücken Sie (MENU) **Trigger** **Hold** und anschließend im Menü (MEAS 1) oder (MEAS 2) den Softkey für den gewünschten S-Parameter. Eventuell müssen Sie beim Umschalten von einem S-Parameter auf einen anderen die Skalierung verändern.

HINWEIS

Wenn Sie den Softkey **Isolation on OFF** in die Stellung ON bringen, werden auch die durch Übersprechen verursachten systematischen Fehler korrigiert. Dies erreichen Sie mit folgender Tastenfolge: (CAL) **User 2-Port** **Isolation on OFF** **User 2-Port** . Bei der Durchführung einer Zwei-Tor-Kalibrierung werden – unabhängig von der Stellung des Softkeys **Isolation on OFF** – stets alle zwölf Fehlerterme gemessen. Deshalb können Sie die Isolationskalibrierung jederzeit aktivieren, ohne zuvor weitere Referenzmessungen durchführen zu müssen. Wenn die Isolationskalibrierung aktiv (ON) ist, führt der Analysator lediglich einige zusätzliche Berechnungen durch, bevor die Meßdaten dargestellt werden. Die Isolationskalibrierung dient zur Korrektur von Übersprechfehlern bei Messungen an Bauteilen mit hoher Isolation oder Messungen über einen weiten Dynamikbereich. Da diese Kalibrierung dem Fehlermodell Rauschen hinzufügt, sollten Sie sie nur dann verwenden, wenn sie tatsächlich benötigt wird.

Interpolation von Reflexions-Kalibrierdaten

Wenn Sie nach einer benutzerdefinierten Ein-Tor-Kalibrierung oder einer benutzerdefinierten Zwei-Tor-Kalibrierung die Wobbelbandbreite vergrößern, werden die Kalibrierdaten ungültig und durch die Standard-Kalibrierdaten ersetzt. Wenn Sie nach erfolgter Kalibrierung die Wobbelbandbreite verkleinern, werden die “fehlenden” Kalibrierdaten interpoliert.

Beachten Sie, daß nach der Durchführung einer Kalibrierung in der oberen rechten Ecke des Bildschirms der Hinweis “C” angezeigt wird. Dieses “C” bedeutet, daß eine benutzerdefinierte Kalibrierung aktiv ist. Wenn Sie die Wobbelbandbreite reduzieren, ändert sich das “C” zu “C?”. Dies bedeutet, daß der Analysator jetzt fehlende Kalibrierdaten interpoliert. Der Hinweis “C?” wird auch dann angezeigt, wenn andere Systemparameter wie z. B. Meßsignalpegel, Anzahl der Meßpunkte oder Wobbelzeit verändert wurden.

Durchführung einer Mischdämpfungs-kalibrierung

Bei Mischdämpfungsmessungen arbeitet man gewöhnlich mit einer Normierungskalibrierung. Siehe “Durchführung einer Normierungskalibrierung” weiter oben in diesem Kapitel und “Mischdämpfungsmessung” in Kapitel 2.

Mischdämpfungsmessungen (Meßfunktion “Conversion loss”) erfolgen unter Verwendung der internen Breitband-Detektoren. Mit der Taste CAL können Sie ein Menü für den Nullabgleich dieser Detektoren aufrufen. Der Nullabgleich dient zur Kompensation der Temperaturdrift. Das CAL Menü bietet Mischdämpfungs-Kalibrierverfahren zur Auswahl:

Autozero

Die “Autozero”-Funktion kompensiert in regelmäßigen Zeitabständen die durch Änderungen der Umgebungstemperatur hervorgerufene Detektor-Drift. Wenn diese Funktion aktiv ist, wird etwa alle fünf Minuten ein Detektor-Nullabgleich durchgeführt. Immer wenn ein Nullabgleich durchgeführt wird, erscheint auf dem Bildschirm kurzzeitig ein entsprechender Hinweis.

Manual Zero

In der Betriebsart “Manual Zero” wird nur dann ein Detektor-Nullabgleich durchgeführt, wenn Sie den Softkey **Manual Zero** drücken.

HINWEIS

Während des Nullabgleichs wird die interne HF-Signalquelle abgeschaltet. Wenn Sie Breitband-Detektor-Messungen an einer externen Signalquelle durchführen, drücken Sie **Manual Zero** , *bevor* Sie die externe Signalquelle an den Eingang des Analysators anschließen.

Kalibrier-Kits

Wenn Sie eine benutzerdefinierte Kalibrierung durchführen, müssen Sie ein Kalibrier-Kit wählen, das zu dem Steckverbindertyp an der Referenzebene für die Kalibrierung paßt. Bei einer benutzerdefinierten Zwei-Tor-Kalibrierung müssen Sie für jeden Meßanschluß ein Kalibrier-Kit wählen. Bei einer Ein-Tor-Kalibrierung (beispielsweise einer benutzerdefinierten Ein-Tor-Kalibrierung oder einer erweiterten Frequenzgangkalibrierung) müssen Sie nur für einen Anschluß ein Kalibrier-Kit wählen. Siehe hierzu “Referenzebene für die Kalibrierung” weiter oben in diesem Kapitel.

Auswählen eines Kalibrier-Kits

Drücken Sie zum Auswählen eines Kalibrier-Kits (CAL) **More Cal** **Cal Kit** und markieren Sie mit Hilfe des Drehknopfs oder der Pfeiltasten in der Tabelle den gewünschten Port. Wählen Sie dann per Softkey den Steckertyp für den betreffenden Port, oder drücken Sie **More Cal Kits** und wählen Sie per Softkey einen der benutzerdefinierten Kalibrier-Kits (**User Cal Kit A** oder **User Cal Kit B**).

Die folgende Tabelle zeigt die im Analysator gespeicherten Kalibrier-Kits.

Kalibrier-Kit-Modell	Impedanz	Steckertyp	Für männliche Testanschlüsse	Für weibliche Testanschlüsse
HP 85032E	**50 Ω**	**Type-N**		✓
HP 85032B	**50 Ω**	**Type-N**	✓	✓
HP 85036E	**75 Ω**	**Type-N**		✓
HP 85036B	**75 Ω**	**Type-N**	✓	✓
HP 85033D	**50 Ω**	**3.5 mm**	✓	✓
HP 85039B	**75 Ω**	**Type-F**	✓	✓
HP 85031B	**50 Ω**	**APC-7**	–	–

HINWEIS

Die Angaben zum Geschlecht der Steckverbindungen von Kalibrier-Kits beziehen sich stets auf den *Analysator-Anschluß*, an den sie anzuschließen sind. Das standardmäßige “Kalibrier-Kit-Geschlecht” ist Type-N *weiblich*, weil die Frontplattenanschlüsse des Analysators weiblich sind. (Die Kalibriernormale besitzen hingegen männliche Steckverbindungen).

Erstellen eines benutzerdefinierten Kalibrier-Kits

Ein benutzerdefiniertes Kalibrier-Kit erstellen Sie, indem Sie ein im Menü “Cal Kit” enthaltenes Kalibrier-Kit modifizieren und das modifizierte Kalibrier-Kit als “Cal Kit A” oder “Cal Kit B” abspeichern. (Das ursprüngliche Kalibrier-Kit bleibt dabei unverändert erhalten). In folgenden Fällen sollten Sie ein benutzerdefiniertes Kalibrier-Kit erstellen:

- Der Steckertyp Ihres Meßanschlusses im Menü “Cal Kit” aufgeführt ist, aber Ihre Kalibriernormale (beispielsweise ein Kurzschluß-stecker) weisen andere Charakteristiken auf als die in den HP-Kalibrier-Kits enthaltenen Normale.
- Sie möchten eine Kalibrierung für ein steckerloses Bauteil durchführen. Siehe “Methode B: Modifizieren der Kalibrier-Kit-Definition des Durchgang-Kalibriernormals” in Kapitel 2.

HINWEIS

Wenn der Steckertyp Ihres Meßanschlusses nicht im Menü “Cal Kit” aufgeführt ist (wie es beispielsweise bei TNC der Fall ist), sollten Sie APC-7 wählen, da dieser Typ nahezu ideale Charakteristiken aufweist. Modifizieren Sie anschließend die Kalibrier-Kit-Charakteristiken entsprechend den Charakteristiken Ihrer Kalibriernormale, und speichern Sie den benutzerdefinierten Kalibrier-Kit als “Cal Kit A” oder “Cal Kit B” ab.

Beim Erstellen eines benutzerdefinierten Kalibrier-Kits sind die folgenden Schritte (die später noch ausführlicher beschrieben werden) auszuführen:

1. Bestimmen Sie die Charakteristiken der Kalibriernormale, die Sie verwenden werden.
2. Erstellen Sie ein benutzerdefiniertes Kalibrier-Kit. Sie haben die Wahl zwischen zwei Vorgehensweisen:
   - Speichern Sie im Menü “Modify Kit” den Kalibrier-Kit als “Cal Kit A” oder “Cal Kit B” ab.
   - Editieren Sie die auf der Diskette *Example Programs Disk* enthaltene ASCII-Datei, oder erstellen Sie eine neue ASCII-Datei, und laden Sie diese Datei als “Cal Kit A” (Standardvorgabe) oder “Cal Kit B” in den Analysator.

HINWEIS

Für Kalibrier-Kit-Definitionen ist das DOS-Format obligatorisch. Das LIF-Format wird für Kalibrier-Kit-Definitionen nicht unterstützt.

3. Überprüfen Sie die Performance.

1. Schritt. Bestimmen Sie die Charakteristiken der Kalibrier-normale

Bestimmen Sie die Charakteristiken der Kalibriernormale, die Sie verwenden werden. Hierzu zählen insbesondere die Systemimpedanz (Z_0), die Verzögerung und die Dämpfung. Diese Charakteristiken sind bei allen vier zur Kalibrierung benötigten Normalen zu bestimmen. Für das Leerlaufnormal müssen außerdem die kapazitiven Modellparameter C_0, C_1, C_2 und C_3 bestimmt werden. Diese elektrischen Charakteristiken

lassen sich aus den Abmessungen und Materialien der Normale oder aus Frequenzgang-Meßdaten herleiten.

Über Kalibriernormale. Ein Kalibrier**normal** ist ein spezielles Bauteil mit genau bekannten elektrischen Eigenschaften, das dazu dient, systematische Fehler zu bestimmen. Jedes Kalibriernormal hat einen genau bekannten (oder vorhersagbaren) Amplituden- und Phasenfrequenzgang. Der Frequenzgang eines jeden Kalibriernormals ist in den vom Analysator verwendeten Fehlermodellen mathematisch definiert.

Ein Kalibriernormal**typ** ist einer von vier elementaren Typen (Kurzschluß, Leerlauf, Last oder Durchgang), welche die Form oder Struktur des auf das betreffende Normal anzuwendenden Modells definieren.

Die Kalibriernormal**charakteristiken** sind die physikalischen Charakteristiken des in dem gewählten Modell verwendeten Normals.

Typische Kalibriernormale sind Durchgangs-, Leerlauf-, Kurzschluß- und Lastnormale. Alle diese Normale sind für einen sehr weiten Frequenzbereich verwendbar. Je nach Kalibrierverfahren werden sie einzeln oder in bestimmten Kombinationen eingesetzt.

Open	bezeichnet ein Leerlauf-Kalibriernormal
Short	bezeichnet ein Kurzschluß-Kalibriernormal
Load	bezeichnet ein Last-Kalibriernormal
Through	bezeichnet ein Durchgang-Kalibriernormal, d. h. eine Übertragungsleitung einer bestimmten Länge. Wenn die beiden Meßanschlüsse direkt miteinander verbunden werden können, hat das Durchgang-Kalibriernormal die Länge Null.

Für sämtliche Kalibriernormaltypen müssen die Modellparameter $\mathbf{Z}_0$ (Systemimpedanz), **Delay** (Verzögerung) und **Loss** (Dämpfung) in den Analysator eingegeben werden. Für ein Leerlauf-Kalibriernormal müssen außerdem die kapazitiven Modellparameter **C0**, **C1**, **C2** und **C3** eingegeben werden.

HINWEIS

Wenn Sie ein benutzerdefiniertes Kalibrier-Kit erstellen und einen der Kalibriernormaltypen nicht definieren, werden die derzeit definierten Modellparameter für den betreffende Kalibriernormaltyp übernommen. Am besten ist, wenn Sie bei der Erstellung eines benutzerdefinierten Kalibrier-Kits sämtliche Modellparameter für sämtliche Kalibriernormaltypen explizit definieren.

Z_0

Z_0 entspricht normalerweise der Systemimpedanz (zumeist 50 oder 75 Ohm).

Delay

Der DELAY-Wert ist äquivalent zu einem Wellenleiter konstanter Länge, der zwischen dem zu definierenden Kalibriernormal und der Meßebene angeordnet ist. Für Leerlauf-, Kurzschluß- und Last-Kalibriernormale wird DELAY als die Signallaufzeit (in Sekunden, bezogen auf einen Weg) von der Meßebene zum Kalibriernormal angegeben. Für ein Durchgang-Kalibriernormal wird DELAY als Signallaufzeit (in Sekunden, bezogen auf einen Weg) zwischen den Meßebenen angegeben. Zur Berechnung des DELAY-Wertes dividiert man die physikalische Länge des Kalibriernormals durch die Signalausbreitungsgeschwindigkeit.

Loss

Der LOSS-Wert (Dämpfung) gibt den Skin-Effekt-bedingten Energieverlust eines Kalibriernormals an; auch dieser Wert bezieht sich auf einen Weg. Dieser Wert wird in der Einheit Ohm/Sekunde, bezogen auf 1 GHz, eingegeben. In vielen Anwendungen kann der LOSS-Wert auf Null gesetzt werden, ohne daß dies die Meßgenauigkeit signifikant beeinflußt. Zur Berechnung des LOSS-Wertes eines Kalibriernormals mißt man zunächst Diese Werte werden dann in folgende Gleichung eingesetzt:

$$\text{Loss}\left(\frac{\Omega}{\text{s}}\right) = \frac{\text{dB loss} \times Z_0(\Omega)}{4{,}3429 \times \text{delay(s)}}$$

C_0, C_1, C_2, C_3

Bei hohen Frequenzen weist ein Leerlauf-Kalibriernormal nur selten perfekte Reflexionscharakteristiken auf, weil die Randkapazität eine frequenzabhängige Phasenverschiebung verursacht.

Diese Effekte lassen sich nicht eliminieren, jedoch enthält der analysatorinterne Algorithmus ein Leerlauf-Kapazitätsmodell. Hierbei handelt es sich um ein Polynom dritter Ordnung mit der Frequenz als Variable und benutzerdefinierbaren Koeffizienten.

Die Gleichung für das kapazitive Modell lautet folgendermaßen:$C(f) = (C_0) + (C_1*f) + (C_2*f^2) + (C_3*f^3)$ wobei f die Meßfrequenz bezeichnet.

Die Terme dieser Gleichung werden definiert, wenn der Leerlauf folgendermaßen spezifiziert wird:

- C_0 wird zur Eingabe des Terms C_0 verwendet, welches der konstante Term des Polynoms dritter Ordnung ist und in Farad ausgedrückt wird.
- C_1 wird zur Eingabe des Terms C_1 verwendet, der in F/Hz (Farad/Hz) ausgedrückt wird.
- C_2 wird zur Eingabe des Terms C_2 verwendet, der in F/Hz^2 ausgedrückt wird.
- C_3 wird zur Eingabe des Terms C_3 verwendet, der in F/Hz^3 ausgedrückt wird.

Weitere Informationen über Kalibrier-Kits und über die Bestimmung der Charakteristiken von Kalibriernormalen finden Sie in der HP Product Note 8510-5A (HP Publikationsnummer 5956-4352). Diese Product Note können Sie im Internet einsehen: Gehen Sie zu http://www.tmo.hp.com, und wählen Sie “Application Note Library.”

Schritt 2: Erstellen eines benutzerdefinierten Kalibrier-Kits

Ein benutzerdefiniertes Kalibrier-Kit können Sie auf zweierlei Weise erstellen:

- Methode A: Verwendung der Softkeys im Menü “Modify Kit”.

  Dies ist eine schnelle und bequeme Methode zum Modifizieren vorhandener Kalibrier-Kit-Normale. Verfahren Sie bei der Entwicklung neuer Kalibrier-Kit-Normale nach dieser Methode.

- Methode B: Verwendung einer ASCII-Datei.

  Diese Methode ermöglicht es, Kalibrier-Kit-Beschreibungen in separaten Dateien zu verwalten. Wenden Sie diese Methode an, wenn Sie Beschreibungen Ihrer Kalibrier-Kits dauerhaft aufbewahren möchten.

Methode A: Verwendung der Softkeys im Menü “Modify Kit”. Drücken Sie (CAL) **More Cal** **Cal Kit** und markieren Sie mit Hilfe des Drehknopfs oder der Tasten (⇧) (⇩) in der Tabelle den gewünschten Port. Wählen Sie per Softkey den Steckertyp. Drücken Sie anschließend **Modify (Steckertyp)**, wählen Sie per Softkey das

passende Kalibriernormal, wählen Sie per Softkey die Charakteristik, die Sie modifizieren möchten, und geben Sie mit Hilfe der Softkeys und der Tastatur die gewünschten Werte ein. Wenn Sie alle Charakteristiken aller benötigten Kalibriernormale eingegeben haben, drücken Sie **Prior Menu** , **Store to Cal Kit A** oder **Store to Cal Kit B** . Die Tabelle zeigt jetzt an, daß Ihr benutzerdefiniertes Kalibrier-Kit sich auf den zuvor gewählten Port bezieht. “Cal Kit A” und “Cal Kit B” werden, wie bereits beschrieben, nichtflüchtig abgespeichert. Beim Abspeichern der Geräteeinstellung (“Save/Recall”-Funktion) wird der Kalibrier-Kit mit abgespeichert.

Methode B: Verwendung einer ASCII-Datei. Sie können die auf der Diskette *Example Programs Disk* enthaltene ASCII-Datei editieren oder eine neue ASCII-Datei erstellen. (Da diese Dateien MS-DOS-kompatibel sind, können Sie sie auf einem IBM-kompatiblen PC mit Hilfe eines ASCII-Texteditors bearbeiten. Die Zeilennummern sind, wie bei einem IBASIC-Programm, obligatorisch). Es ist nicht möglich, Kalibrier-Kit-Daten als ASCII-Datei aus dem Analysator auszulesen.

Beispiel für eine ASCII-Datei. Nachfolgend ist das auf der Diskette *Example Programs Disk* enthaltene Beispielprogramm “CALKIT” aufgelistet. Beachten Sie, daß dieses Programm es Ihnen erlaubt, die heruntergeladene Datei im Analysator wahlweise als “Cal Kit A” oder “Cal Kit B” abzuspeichern. Wenn Sie nichts anderes vorgeben, wird die Datei als “Cal Kit A” abgespeichert. Der Analysator liest die Datei zeilenweise und ignoriert dabei alles, was vor einem “!” steht und alles, was hinter einem “$” steht. Das bedeutet, daß Sie nach einem “$” einen Kommentar eingeben können. Die erste Zeile einer Kalibrier-Kit-Datei *muß* ein “!” mit unmittelbar darauffolgendem “$” enthalten. In der ersten Zeile sind zwischen diesen beiden Zeichen keine weiteren Zeichen erlaubt.

```
10   !$  Standard Definitions for HP 85054B Precision Type-N Cal
Kit.
20   !
30   !$  Definitions for 50 Ohm jack (FEMALE center contact) test
40   !$  ports, plug (MALE center contact) standards.
50   !
60   !   OPEN:  $ HP 85054-60027 Open Circuit Plug
70   !      Z0  50.0 $ Ohms
80   !      DELAY  57.993E-12 $ Sec
90   !      LOSS  0.8E+9 $ Ohms/Sec
100  !      C0  88.308E-15 $ Farads
110  !      C1  1667.2E-27 $ Farads/Hz
120  !      C2 -146.61E-36 $ Farads/Hz^2
130  !      C3  9.7531E-45 $ Farads/Hz^3
140  !
```

```
150  !   SHORT:  $ HP 85054-60025 Short Circuit Plug
160  !      Z0  50.0 $ Ohms
170  !      DELAY  63.078E-12 $ Sec
180  !      LOSS  8.E+8 $ Ohms/Sec
190  !
200  !   LOAD:  $ HP 00909-60011 Broadband Load Plug
210  !      Z0  50.0 $ Ohms
220  !      DELAY  0.0 $ Sec
230  !      LOSS   0.0 $ Ohms/Sec
240  !
250  !   THRU:  $ HP 85054-60038 Plug to Plug Adapter
260  !      Z0  50.0 Ohms
270  !      DELAY  196.0E-12 $ Sec
280  !      LOSS   2.2E+9 $ Ohms/Sec
290  !
300  END
```

Herunterladen einer Kalibrier-Kit-ASCII-Datei. Nach dem Erstellen einer Kalibrier-Kit-ASCII-Datei können Sie das Programm folgendermaßen in den Analysator herunterladen:

HINWEIS Für Kalibrier-Kit-Definitionen ist das DOS-Format obligatorisch. Das LIF-Format wird für Kalibrier-Kit-Definitionen nicht unterstützt.

1. Legen Sie die Diskette mit den Kalibriernormal-Definitionen in das Diskettenlaufwerk des Analysators ein.
2. Drücken Sie (SAVE RECALL) und achten Sie auf das erste Wort in der zweiten Bildschirmzeile. Falls es nicht “INT:\” (für interne Disk) lautet, drücken Sie **Select Disk** **Internal 3.5” Disk** **Prior Menu** .
3. Markieren Sie die gewünschte Datei (bei dem Beispiel von der Diskette *Example Programs Disk* die Datei “CALKIT”).
4. Drücken Sie **Recall State** und warten Sie, bis die folgende Meldung erscheint:

   ```
   Loaded cal kit information for 4 calibration standards
   Recall of cal kit from CALKIT complete
   (Kalibrierkit-Informationen für vier Kalibriernormale geladen;
   Abruf der Datei CALKIT abgeschlossen.)
   ```

5. Drücken Sie (CAL) **More Cal** **Cal Kit** **More Cal Kits** und markieren Sie mit Hilfe des Drehknopfs oder der Tasten (⇧)(⇩) in der Tabelle den gewünschten Port. Wählen Sie anschließend **User Cal Kit A** oder **User Cal Kit B** , je nachdem, als welchen Kalibrier-Kit das ASCII-Programm den Kalibrier-Kit abgespeichert hat (die Standardvorgabe ist “Cal Kit A”).

HINWEIS

Die Kalibrier-Kit-Koeffizienten werden im Feld “Cal kit” des Betriebsparameter-Bildschirms angezeigt; drücken Sie SYSTEM OPTIONS **Operating Parameters** und anschließend viermal **Next Screen** .

Schritt 3: Verifizieren der Genauigkeit

Nach dem Erstellen einer Kalibrierung auf der Basis eines benutzerdefinierten Kalibrier-Kits sollten Sie vor Beginn der eigentlichen Messungen deren Genauigkeit überprüfen. Führen Sie hierzu ein Messung an einem Bauteil mit genau bekanntem Frequenzgang durch. (Der Frequenzgang dieses Bauteils sollte möglichst nicht mit dem eines der Kalibriernormale übereinstimmen). Verwenden Sie zur Verifikation nicht eines der Kalibriernormale, denn dies würde lediglich auf eine Überprüfung der Wiederholgenauigkeit des Normals hinauslaufen.

Für eine besonders gründliche Verifikation einer bestimmten Kalibrierung sollten Sie hochwertige Verifikationsnormale mit einem signifikant von den Frequenzgängen der Kalibriernormale abweichenden Frequenzgang verwenden. Wir empfehlen, NIST-rückführbare Normale (beispielsweise Verifikationsnormale von Hewlett-Packard) zu verwenden, damit Ihre Meßgenauigkeit auf internationale Standards rückführbar ist.

VORSICHT

Die veröffentlichten Analysator-Spezifikationen setzen eine Kalibrierung unter Verwendung kompatibler Kalibrier-Kits voraus. Bei Verwendung benutzerdefinierter Kalibrier-Kits kann Hewlett-Packard die Einhaltung der Spezifikationen nicht gewährleisten.

HINWEIS

Initialisieren Sie “Cal Kit A” und “Cal Kit B” für Type-N(w)-Kalibrier-Kits. Drücken Sie hierzu CAL **More Cal** **Cal Kit** **More Cal Kits** **Preset Cal Kits A & B** . Durch diesen Preset wird die Geräteeinstellungsdatei etwas kleiner, da dann das benutzerdefinierte Kalibrier-Kit nicht mit abgespeichert wird. Die Geräteeinstellung können Sie durch SAVE RECALL **Save State** abspeichern. Siehe “Abspeichern von Meßergebnissen und Abrufen gespeicherter Meßergebnisse” in Kapitel 3.

Abspeichern und Wiederabrufen der Kalibrierung

Abspeichern der Kalibrierung

Nach Durchführung der Kalibrierung wird diese automatisch im nichtflüchtigen (batteriegepufferten) Speicher abgelegt. Beachten Sie, daß die Kalibrierung überschrieben wird, wenn Sie anschließend eine weitere Kalibrierung des gleichen Typs vornehmen. Wenn Sie Ihre Kalibrierung auf die interne nichtflüchtige oder flüchtige RAM-Disk oder auf eine Diskette abspeichern möchten, gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Drücken Sie SAVE RECALL **Define Save** **Cal on OFF** , um den Softkey "Cal on OFF" in die Stellung ON zu bringen.
2. Drücken Sie **Prior Menu** **Select Disk** und wählen Sie das Speichermedium, auf das Sie die Kalibrierung abspeichern möchten. Informationen über die verfügbaren Speichermedien finden Sie unter "Abspeichern von Meßergebnissen und Abrufen gespeicherter Meßergebnisse" in Kapitel 3.
3. Drücken Sie **Prior Menu** **Save State** , um die Kalibrierung abzuspeichern.
4. Die Kalibrierung wird zusammen mit der aktuellen Geräteeinstellung in eine Datei auf dem gewählten Speichermedium abgespeichert.

Wiederabruf der Kalibrierung

Kalibrierdaten sind mit der Geräteeinstellung und den Meßparametern verknüpft, für welche die Kalibrierung durchgeführt wurde. Gespeicherte Kalibrierdaten können für mehrere Geräteeinstellungen verwendet werden, sofern die Meßparameter, der Frequenzbereich und die Anzahl der Meßpunkte übereinstimmen. Wenn Sie eine Kalibrierung von der internen nichtflüchtigen oder flüchtigen RAM-Disk oder von einer Diskette abrufen möchten, gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Drücken Sie SAVE RECALL **Select Disk** , und drücken Sie den Softkey für das gewünschte Speichermedium.

2. Falls erforderlich, wählen Sie das Verzeichnis, in dem sich die gewünschte Datei befindet. Einzelheiten hierzu siehe "Verzeichnisfunktionen" in Kapitel 3.
3. Drücken Sie **Prior Menu** und setzen Sie den Markierbalken mit Hilfe des Drehknopfs auf die Datei, die Sie abrufen möchten.
4. Drücken Sie **Recall State** , um die markierte Datei abzurufen.

HINWEIS

Informationen über das Abspeichern, Abrufen, Umbenennen und Kopieren von Dateien finden Sie unter "Abspeichern von Meßergebnissen und Abrufen gespeicherter Meßergebnisse" in Kapitel 3.

Gewährleistung

HINWEIS

Die Gewährleistung für Ihr Gerät ist davon abhängig, wann Sie es erworben haben, und ob Sie Gewährleistungsoptionen erworben haben. Über die genauen Gewährleistungsbedingungen gibt Ihnen die nächstgelegene HP-Geschäftsstelle gerne Auskunft. Geben Sie bei Rückfragen bitte die Modell- und Seriennummer Ihres Gerätes an. Tabelle 5-2 enthält eine Liste der HP-Geschäftsstelle und Service-Zentren.

Hewlett-Packard gewährleistet während der Gewährleistungsfrist, daß dieses Produkt frei von Material- und Verarbeitungsfehlern ist. Hewlett-Packard verpflichtet sich, während dieser Zeit etwaige fehlerhafte Teile kostenlos instandzusetzen oder auszutauschen.

Wenn die Gewährleistungsbedingungen vorsehen, daß die Reparatur oder Wartung am Einsatzort erfolgt, werden diese Arbeiten ohne Berechnung von Anfahrtskosten am Einsatzort durchgeführt, sofern der Einsatzort innerhalb des Außendienst-Service-Bereichs von Hewlett-Packard liegt. Außerhalb des HP-Kundendienstbereichs ist für Reparatur- oder Wartungsarbeiten am Einsatzort die vorherige Zustimmung durch Hewlett-Packard erforderlich. In solchen Fällen trägt der Kunde die Anfahrtskosten. In allen anderen Bereichen muß das Produkt zur Reparatur oder Wartung an einen von Hewlett-Packard autorisierten Service-Betrieb eingesandt werden.

Versandkosten bis zur Anlieferung bei einem Hewlett-Packard Service-Zentrum gehen Lasten des Kunden, unabhängig davon, ob sich das Gerät noch in der Garantiezeit befindet oder nicht. Versandkosten für die Rücksendung des Gerätes an den Eigentümer gehen zu Lasten von Hewlett-Packard. Wenn der Kunde das Gerät verkauft oder verschenkt, so wird die Gewährleistung automatisch auf den neuen Eigentümer übertragen und bezieht sich weiterhin auf das ursprüngliche Kaufdatum.

Hewlett-Packard gewährleistet, daß die Software und die Firmware, die von Hewlett-Packard für die Verwendung mit diesem Gerät freigegeben wurde, die programmierten Instruktionen ausführt, wenn sie korrekt im Gerät installiert ist. Hewlett-Packard kann nicht garantieren, daß der Betrieb von Software oder Firmware in Zusammenhang mit diesem Gerät fehler- oder unterbrechungsfrei ist.

Garantiebeschränkungen

Die oben aufgeführte Garantie gilt nicht für Störungen, die durch fehlerhafte oder ungeeignete Wartungsmaßnahmen seitens des Käufers, durch vom Käufer beschaffte Software oder Schnittstellen, durch unberechtigte Modifikation oder Mißbrauch, durch Betrieb außerhalb der für das Produkt angegebenen Umgebungsbedingungen oder durch unzureichende Vorbereitung oder Wartung des Einsatzortes verursacht werden.

WEITERE AUSDRÜCKLICH ODER STILLSCHWEIGENDE GEWÄHRLEISTUNGEN WERDEN NICHT GEWÄHRT. HEWLETT-PACKARD SCHLIESST INSBESONDERE DIE STILLSCHWEIGENDE GEWÄHRLEISTUNG FÜR MARKTFÄHIGKEIT ODER EIGNUNG FÜR EINEN BESTIMMTEN ZWECK AUS.

Haftungsausschluß

DEM KÄUFER WERDEN ALLEIN UND AUSSCHLIESSLICH DIE HIER AUFGEFÜHRTEN ENTSCHÄDIGUNGEN GEWÄHRT. HEWLETT-PACKARD IST NICHT FÜR IRGENDWELCHE DIREKTEN, INDIREKTEN, BESONDEREN, ZUFÄLLIGEN ODER NACHFOLGENDEN SCHÄDEN HAFTBAR. DIES GILT NICHT, SOWEIT GESETZLICH ZWINGEND GEHAFTET WIRD.

Geschäftsstellen und Service-Zentren von Hewlett-Packard

Wenn Sie technische Unterstützung benötigen, wenden Sie sich bitte an die nächstgelegene Geschäftsstelle oder das nächstgelegene Service-Zentrum von Hewlett-Packard. Adressen siehe Tabelle 5-2 auf der nächsten Seite.

Tabelle 5-2 Geschäftsstellen und Service-Zentren von Hewlett-Packard

USA		
Instrument Support Center Hewlett-Packard Company (800) 403-0801		
EUROPÄISCHE NIEDERLASSUNGEN		
Headquarter Hewlett-Packard S.A. 150, Route du Nant-d'Avril 1217 Meyrin 2/ Genf Schweiz (41 22) 780.8111	**Frankreich** Hewlett-Packard France 1 Avenue Du Canada Zone D'Activite De Courtaboeuf F-91947 Les Ulis Cedex Frankreich (33 1) 69 82 60 60	**Deutschland** Hewlett-Packard GmbH Hewlett-Packard-Straße 61352 Bad Homburg v.d.H Deutschland (49 6172) 16-0
Großbritannien Hewlett-Packard Ltd. Eskdale Road, Winnersh Triangle Wokingham, Berkshire RG41 5DZ England (44 734) 696622		
WEITERE AUSLÄNDISCHE NIEDERLASSUNGEN		
Headquarter Hewlett-Packard Company 3495 Deer Creek Rd. Palo Alto, CA 94304-1316 USA (415) 857-5027	**Australien** Hewlett-Packard Australia Ltd. 31-41 Joseph Street Blackburn, Victoria 3130 (61 3) 895-2895	**Canada** Hewlett-Packard (Canada) Ltd. 17500 South Service Road Trans-Canada Highway Kirkland, Quebec H9J 2X8 Canada (514) 697-4232
Japan Hewlett-Packard Japan, Ltd. 9-1 Takakura-Cho, Hachioji Tokyo 192, Japan (81 426) 60-2111	**Singapur** Hewlett-Packard Singapore (Pte.) Ltd. 150 Beach Road #29-00 Gateway West Singapore 0718 (65) 291-9088	**Taiwan** Hewlett-Packard Taiwan 8th Floor, H-P Building 337 Fu Hsing North Road Taipei, Taiwan (886 2) 712-0404
China China Hewlett-Packard Co. 38 Bei San Huan X1 Road Shuang Yu Shu Hai Dian District Peking, China (86 1) 256-6888		

Index

A

A Detektor 2-4
Abgespeicherte Informationen 3-55
Abrufen gespeicherter Meßergebnisse 3-55
Abrufen von Daten (von einer Diskette oder aus dem Internspeicher) 3-60
Absoluter Ausgangspegel, Messung 2-50
Abspeichern einer Kalibrierung 3-58, 5-34
Abspeichern von Meßergebnissen 3-55
Abspeichern von Meßergebnissen und Abrufen gespeicherter Meßergebnisse 3-55
Aktiver Meßkanal 1-7
Aktivieren der Spur avoidance-Funktion 4-13
Alternierende Wobbelung 4-7
Amplitude, Delta-Marken-Grenzwert 3-34
Ändern von Verzeichnissen 3-67
Anpassungsfehler 5-4
  verringern 4-15
Anschluß
  LIMIT TEST TTL IN/OUT 3-28
  USER TTL IN/OUT 3-62
Anschlußkonfiguration für Hardcopy 3-72
Anzeige, Mittelung 4-11
Anzeigeelemente
  Frequenz 3-51
  Markennummer 3-51
  Meßkanal 3-50
  Optionen 3-45
  X-Achse 3-51
  Y-Achse 3-51
Apertur 2-63
ASCII-Datei, Kalibrier-Kit 5-31
Autoscale 1-6
Auto-step 3-62
Autozero 5-23
AUX INPUT-Anschluß 2-61
AUX-Eingang 2-61
Average on OFF-Taste 4-11

B

B Detektor 2-4, 2-6
Bandbreite, System- 4-10
Bandbreitenänderung 4-10, 4-12
Bandwidth, Markensuche 3-10
Baudrate 3-73
Bauteilmessungen 2-3
BEGIN-Taste 2-15
  angepaßt 2-19
  anwenderdefiniert 2-19
  interne Netzwerkanalysator-Konfigurationen 2-18
  Meßkonfigurationen 2-15
Beispiel für das Editieren von Grenzwertlinien 3-29
Benutzerdefinierte Ein-Tor-Kalibrierung 2-44, 5-21
Benutzerdefinierte Zwei-Tor-Kalibrierung 2-21, 2-22, 2-65, 2-68, 5-5, 5-19, 5-22
benutzerdefinierte Zwei-Tor-Kalibrierung
Benutzerdefiniertes Kalibrier-Kit 5-26
Bereich, Frequenz 1-5
Betrag, Impedanz- 2-73
Bildschirm
  anpassen 3-45, 3-47
  Anzeigeelemente, modifizieren 3-48
  Eigenschaften 3-47
  einstellen 3-90
  externer 3-88
  Farb- 3-88
  maximiert 3-52
  Synchronisation 3-90
  unterteilen 3-46
Bildschirmdarstellung maximieren 3-52
Breitband-Detektorbetriebsart 2-6
Breitbandige Pegelmessung 2-50

C

Center-Taste 1-5
Charakteristiken von Kalibriernormalen 5-28
Color Options-Taste 3-88
Konfigurieren
  Speicherzuordnung 3-58
CRT Adjust-Funktionen 3-90
CRT-Einstellungen für externen Bildschirm 3-90

D

Dämpfung, Misch- 2-55
Dämpfung, wann erforderlich? 2-12
Das 2-43
Datei
  abspeichern 3-57
  Format 3-58
  löschen 3-63
  umbenennen 3-63
Datenpunkt, Frequenzberechnung 3-39
Datum 3-50
Default 2-Taste 3-88
Definieren der abzuspeichernden Daten 3-58
Definieren eines Druckers oder Plotters 3-74

Index

Delete Limit 3-37
Delta Mkr on OFF-Taste 3-24
Delta-Amplituden-Grenzwert-test 3-34
Delta-Frequenz-Grenzwerttest 3-35
Delta-Marken 3-24
Detektion
  breitbandig 2-6
  schmalbandig 2-6
Detektor
  "A" 2-4
  "B" 2-4
  "R" 2-4
  B* 2-6
  Nullpunktkorrektur 5-23
  R* 2-6
Detektorbetriebsarten 2-4, 2-6
Detektoren
  interne 2-4
Disk
  formatieren 3-68
  Internspeicher, abrufen aus dem 3-60
  MS-DOS-Formatierung 3-68
  wählen 3-57
Disk wählen 3-57
Diskette 3-57
  formatieren 3-68
Dithering 4-13
DOS-formatierte Disketten 3-68
Drift-Kompensation, Detektoren 5-23
Druckausgabe beschleunigen 3-83
Drucken und Plotten 3-79
  Baudrate 3-73
Drucker
  HP DeskJet 3-69
  HP DeskJet Portable 3-69
  HP LaserJet 3-69
  HP PaintJet 3630A 3-69
Drucker oder Plotter definieren 3-74
Druckgeschwindigkeit 3-83
Druckzeiten 3-83
Durchgang, Kalibriernormal 5-28
Dynamikbereich
  Ändern der Systembandbreite 4-10
  Empfänger-Eigenrauschen verringern 4-10
  Empfängereingangspegel 4-9
  Faktoren 4-9
  Mittelungsfaktor ändern 4-10
  vergrößern 4-9

E

Ebene Grenzwertlinien 3-29
Eigenrauschen
  Ändern der Systembandbreite 4-12
  Eliminieren interner Nebenwellen 4-13
  Faktoren 4-12
  Meßdatenmittelung aktivieren 4-12
  verringern 4-12
Einfallendes Signal 2-3
einfügbare Bauteile, Kalibrierung für 2-22
Einfügedämpfung 2-41
Einführung
  Frontplatte 1-3
Eingabe von Parametern 1-4
Eingang
  AUX 2-61
Ein-Tor-Kalibrierung *Siehe* Kalibrierung, benutzerdefinierte Ein-Tor-
Einzelpunkt-Grenzwerte 3-32
Electrical delay-Funktion 4-20
  Einfluß auf die Messung 4-21
Eliminieren interner Nebenwellen 4-13
Empfänger-Eigenrauschen
  Dithering 4-13
  Spur avoidance-Funktion 4-13
Empfänger-Eigenrauschen verringern 4-10
Empfängereingänge 2-4
Empfängereingangspegel erhöhen 4-9
Empfängereingangspegel, max. zulässiger 4-9
Epson-Drucker 3-69, 3-73
Erhöhen
  Empfängereingangspegel 4-9
  Start-Frequenz 4-4
Erhöhen der Wobbelgeschwindigkeit 4-3
Erläuterungen zu S-Parameter-Messungen 2-10
Erstellen und Ändern von Verzeichnissen 3-66
Erstellen von Einzelpunkt-Grenzwerten 3-32
Erweiterte Frequenzgangkalibrierung 2-36, 5-18
Externer Bildschirm 3-88

F

Factory Default-Taste 3-88
FAIL!-Anzeige 3-29, 3-37, 3-51
Farbbildschirm 3-88
Fehler
  Fehlanpassung 5-4
  Frequenzgang 5-4
  Messungen 5-3
  systematische 5-3
  Übersprechen 5-4
Fehler, Frequenzgang 5-4

Index

Filter, höherer Ordnung 3-14
Fine bandwidth 4-10
Flatness,Marken-Grenzwerttest 3-34
Format, Datei- 3-58
Formatmarken
  Polar 3-27
  Smith 3-27
Freq Annot ON off-Taste 3-51
Frequenz,
  Delta-Marken-Grenzwert 3-35
Frequenz, eines Datenpunktes 3-39
Frequenzänderung zur Steigerung der Wobbelgeschwindigkeit 4-4
Frequenzanzeige 3-51
Frequenzbereich
  eingeben 1-5
Frequenzgang- und Isolation-Kalibrierung 5-17
Frequenzgangfehler 5-4
Frequenzgangkalibrierung 5-17
Frequenz-Nachführung 3-44
Frequenz-Shift
  infolge langer elektrischer Verzögerung 4-21
  minimieren 4-21
Frontplatte
  Übersicht 1-3
Funktionsfähigkeit überprüfen 1-10
Funktionsprüfung 1-10
Funktionsprüfung nicht bestanden 1-17

G

Geräteeinstellungen 3-55
  abrufen 3-55
Gesamt-Wobbelzyklusdauer 4-6
Geschwindigkeit der Druckausgabe 3-83
Geschwindigkeit der Wobbelung erhöhen 4-3
Gewährleistung 5-36
Gitterraster 3-47
Graticule ON off-Taste 3-47
Grenzwerte und Referenzpegel-Nachführung 3-36, 3-42
Grenzwertlinien 3-47
  Stimulus- und Amplitudenwerte 3-39
Grenzwertlinien, Beispiel für Editieren 3-29
Grenzwertlinien-PASS/FAIL-Anzeige 3-37, 3-51
Grenzwertliniensegmente löschen 3-37
Grenzwertmarken 3-32
Grenzwerttest 3-28
  ebene Grenzwertlinien erstellen 3-29
  Einzelpunkt-Grenzwerte erstellen 3-32
  Grenzwertliniensegmente löschen 3-37
  mit Hilfe von Marken 3-32
  Welligkeit 3-34
Grenzwerttest-Anzeige 3-38
Grenzwerttestsymbol
  Erklärung 3-51
  X Position 3-37
  Y Position 3-37
Grundfunktionen, Frontplatte 1-3
Grundlagen von Netzwerkanalysator-Messungen 2-3
Gruppenlaufzeit 2-63
Gruppenlaufzeit, auf Phasenmessung basierend 2-63

H

Hardcopy
  typische Zeiten 3-83
Hardcopy-Schnittstelle konfigurieren 3-72
HF-Ausgangspegel, einstellen 1-6
Hilfseingang (AUX INPUT) 2-61
Horizontal back porch 3-90
Horizontal front porch 3-90
HP 7440A ColorPro Farbgrafik-Plotter mit acht Stiften 3-69
HP 7470A Grafik-Plotter mit zwei Stiften 3-69
HP 7475A Grafik-Plotter mit sechs Stiften 3-69
HP 7550A/B Schneller Grafik-Plotter mit acht Stiften 3-69
HP DeskJet Portable-Drucker 3-69
HP DeskJet-Drucker 3-69
HP LaserJet-Drucker 3-69
HP PaintJet 3630A-Drucker 3-69
HP-IB
  Kabel 3-70
HP-Vertriebs- und Service-Zentren 5-38

I

Impedanz, System- 2-13
Impedanzanpassungsfehler verringern 4-15
Impedanzbetrag 2-73
Impedanzmessung, Beispiel für Kalibrierung 2-68
Initialisieren einer Diskette 3-68
Integriertes Diskettenlaufwerk
  MS-DOS-Formatierung 3-68
Interne Detektoren 2-4

Index

Interne RAM-Disk 3-57
Internspeicher oder Diskette, Abrufen von Daten 3-60
Interpolation
  Reflexionskalibrierung 5-23
  Transmissionskalibrierung 5-19
Isolation on OFF-Taste 5-5, 5-16, 5-19, 5-20, 5-22

K

Kabel, Schnittstellen- 3-70
Kalibrierdaten
  abspeichern 3-55
Kalibrier-Kit 5-25
  3.5 mm 5-26
  anwenderdefiniertes 5-26
    erstellen 5-30
  APC-7 5-26
  ASCII-Datei 5-31
  Geschlecht von Steckverbindern 2-22
  im Analysator gespeichert 5-25
  Kalibriernormaldaten herunterladen 5-32
  Type-F 5-26
  Type-N(m) 5-26
  Type-N(w) 5-26
Kalibriernormal 5-28
  Durchgang 5-28
  Kurzschluß 5-28
  Last 5-28
  Leerlauf 5-28
Kalibriernormal-Charakteristiken 5-28
  C0, C1, C2, C3 5-30
  Dämpfung 5-29
  Verzögerung 5-29
  Z0 5-29
Kalibriernormaldaten herunterladen 5-32
Kalibrierung
  abspeichern 3-58, 5-34
  Analysator in die Grundeinstellung bringen 5-13
  benutzerdefiniert im Vergleich zu Standard 5-8
  benutzerdefinierte Ein-Tor- 2-44, 5-21
  benutzerdefinierte Zwei-Tor- 2-21, 2-22, 2-65, 2-68, 5-5, 5-19, 5-22
  einfügbare Bauteile 2-22
  Ein-Tor. *Siehe* Kalibrierung, benutzerdefinierte Ein-Tor.
  erweiterte Frequenzgang- 2-36, 5-18
  Frequenzgang 5-17
  Frequenzgang und Isolation 5-17
  Grundlagen 5-3
  Gruppenlaufzeit, auf Phasenmessung basierend 2-65
  Gruppenlaufzeitmessung 2-65
  Impedanzmessung 2-68
  Isolation 5-16, 5-19, 5-20, 5-22
  Laden früherer Kalibrierdaten 5-12
  Mischdämpfung 5-23
  nicht-einfügbare Bauteile
    Kalibrier-Kit-Definitionen abändern 2-26
    Vertauschen gepaarter Adapter 2-26
  Normalize 5-14
  Reflexion 5-19
  S11 2-44, 2-45, 5-19
  S12 2-36, 5-15
  S21 2-36, 5-15
  S22 2-44, 5-19
  S-Parameter-Messungen 2-21
  Standard 5-8
  Standard-Ein-Tor- 5-20
  Standard-Frequenzgang- 5-16
  Standard-Zwei-Tor- 5-16
  Transmission 5-15
  verfügbare Verfahren 5-10
  Zwei-Tor. *Siehe* Kalibrierung, benutzerdefinierte Zwei-Tor-.
Kalibrierverfahren 5-10
Kanal
  darstellen 1-8
  wählen 1-7
Kits, Kalibrier- *Siehe* Kalibrier-Kit.
Konfigurieren
Messungen mit Hilfe der BEGIN-Taste 2-15
  Speicherzuordnung 3-58
Konfigurieren der Hardcopy-Schnittstelle 3-72
Korrekturfaktoren 5-3
Kurzschluß, Kalibriernormal 5-28

L

Laden früherer Kalibrierdaten 5-12
LAN-Schnittstelle 3-72
Last, Kalibriernormal 5-28
Laufzeit
  Apertur 2-63
  auf Phasenmessung basierend 2-63
  Gruppen- 2-63
Leerlauf, Kalibriernormal 5-28
Limit Line ON off-Taste 3-37, 3-47
LIMIT TEST TTL IN/OUT-Anschluß 3-28
Löschen einer Datei 3-63
Lotus 123 ASCII-Dateiformat 3-59

Index

M

Marken
  Benutzung in Verbindung mit Grenzwertlinien 3-38
  Polarformat 3-27
  Referenz 3-24
  relative 3-24
  Smith-Diagramm-Marken 3-27
  Suche
    Bandbreitenwerte 3-10
    Notch-Werte 3-12
Marken und Referenzpegel-Nachführung 3-42
Marken und Wobbelzeit 4-7
Marken, Math- 3-18
Marken-Grenzwert 3-32
Marken-Grenzwerttest
  Delta frequency 3-35
  Delta-Amplitude 3-34
  Spitze-Spitze-Welligkeit 3-33
  statistischer Mittelwert 3-33
  Welligkeit 3-34
Markennummer-Anzeige 3-51
Markenstatistik 3-18
Markensuche 3-7
  HF-Filter 3-22
  Max search 3-7
  Min search 3-7
  Next peak left 3-8
  Next peak right 3-8
  Tracking-Funktion 3-7
  Wobbelzeit 4-7
Marker flatness-Suche 3-20
Marker Tracking-Funktion und Wobbelzeit 4-7
Math-Marken 3-18
Max search 3-7
Mean, statistischer Mittelwert 3-18, 3-33
Medium bandwidth 4-10
Medium narrow bandwidth 4-10
Medium wide bandwidth 4-10
Meßdaten abspeichern 3-57
Meßpunkte, Anzahl verringern 4-5
Meßsignalpegel
  eingeben 1-6
  Preset 1-6
Meßsignalpegel, eingeben 1-6
Messungen
  Absoluter Ausgangspegel 2-50
  Anzeigeelemente 3-50
  Benutzung der BEGIN-Taste 2-15
  Detektorbetriebsarten 2-6
  Druckausgabe beschleunigen 3-83
  Fehler 5-3
  Grundlagen 2-3, 2-13
  Gruppenlaufzeit 2-63
  Gruppenlaufzeit, auf Phasenmessung basierend 2-63
  Impedanz 2-67
  Impedanzbetrag 2-73
  Kanal 1-7
  Kanalanzeige 3-50
  Meßdaten abspeichern 3-55
  Meßfunktion-Symbol 2-8
  mit Grenzwertlinien 3-28
  Mittelung 4-10
  optimieren 4-2
  Pegel (breitbandig) 2-50
  Pegel, schmalbandig 2-50
  S11 2-43
  S21 2-36
  S22 2-43
  Schritte 2-13
  S-Parameter 2-21
  typische Sequenz 2-13
  Wahl eines Kalibrierverfahrens 5-8
Messungen an Bauteilen 2-3
Min search 3-7
Mischdämpfung
  Gleichung 2-59
  Kalibrierung 5-23
  messen 2-55
Mittelung
  ändern 4-10
  Anzeige 4-11
  Erklärung 4-12
Mkr Limits 3-32
MS-DOS-Formatierung 3-68
Multi-notch-Suche 3-14
Multi-peak-Suche 3-14

N

Nachführung, Marken- 4-7
Nachführungsfrequenz vorgeben 3-44
Narrow bandwidth 4-10
Next min left-Suche 3-8
Next min right-Suche 3-8
Next peak left-Suche 3-8
Next peak right-Suche 3-8
nicht-einfügbare Bauteile, Kalibrierung für 2-26
Normale, Kalibrier- 5-28
Normalize 5-14
Normierungskalibrierung 5-14
Notch 3-12
Nullpunkte von Detektoren korrigieren 5-23
Numerierungskonventionen für S-Parameter 2-10

O

Optimieren von Messungen 4-2

P

Page protection-Funktion 3-75
Parallelschnittstelle 3-72, 3-73
PASS/FAIL-Anzeige 3-37, 3-38, 3-51
PCL5-Konfiguration 3-74

Index

Peak-Nachführung 3-43
Peak-to-peak ripple, Marken-Grenzwerttest 3-33
Pegel
  absolut 2-50, 2-53
  breitbandig 2-50
  eingeben 1-6
  Referenz 1-6
  schmalbandig 2-50
Plotter
  HP 7440A ColorPro Farbgrafik-Plotter mit acht Stiften 3-69
  HP 7470A Grafik-Plotter mit zwei Stiften 3-69
  HP 7475A Grafik-Plotter mit sechs Stiften 3-69
  HP 7550A/B Schneller Grafik-Plotter mit acht Stiften 3-69
Polarformat-Marken 3-27
Port extensions-Funktion 4-18
Position, Referenz- 1-6, 3-43
Preset
  Meßsignalpegel 1-6
  Zustände 1-5
Preset, Auswirkungen auf Kalibrierung 5-13
Preset-Ausgangspegel 1-6
Print Overrun-Fehler 3-75
Prozedur
  Alternierende Wobbelung abschalten 4-7
  Benutzung von Delta-Marken 3-24
  Benutzung von Polarformat-Marken 3-27
  Dynamikbereich vergrößern 4-9
  ebene Grenzwertlinien erstellen 3-29
  Einzelpunkt-Grenzwerte erstellen 3-32
  Erhöhen der Wobbelgeschwindigkeit 4-3
  Grenzwertliniensegmente löschen 3-37
  Testen mit Grenzwertlinien 3-28
  Vergrößern der Systembandbreite 4-4
  Wahl der Wobbelbetriebsart Auto 4-4
Prüfung, Funktions- 1-10

R

R Detektor 2-4, 2-6
Rauschen, Meßkurven-
  Ändern der Systembandbreite 4-12
  Eliminieren interner Nebenwellen 4-13
  Meßdatenmittelung aktivieren 4-12
  verringern 4-12
Reference Level-Taste 1-6
Reference Position-Taste 1-6
Referenzebene für die Kalibrierung 5-7
Referenzebene verschieben 4-18
Referenzebene, Kalibrierung 5-7
Referenzfrequenz-Nachführung 3-44
  Benutzung von Marken in Verbindung mit 3-42
  Grenzwerte in Verbindung mit 3-36, 3-42
Referenzmarken 3-24
Referenzposition 3-43
Referenzsignal 2-4
Reflexion
  Gleichung 2-48
  Interpolation von Kalibrierdaten 5-23
  Kalibrierung 5-19
Relativ-Marken 3-24
RF Filter Stats 3-22
Ripple, Marken-Grenzwerttest 3-33
RS-232-Schnittstelle (seriell) 3-72, 3-73
Rückflußdämpfung 2-49

S

S11
  Kalibrierung 2-44, 5-19
  Messungen 2-43
S12
  Kalibrierung 5-15
  Messungen 2-36
S21
  Kalibrierung 5-15
  Messungen 2-36
S22
  Kalibrierung 2-44, 5-19
  Messungen 2-43
S2P ASCII-Dateiformat 3-59
Save-Definition 3-58
Schmalband-Detektorbetriebsart 2-6
Schmalbandige Pegelmessung 2-50
Schnittstelle
  Kabel 3-70
  LAN 3-72
  parallel 3-72, 3-73
  serial 3-72
  seriell 3-73
Search left 3-10
Search right 3-10
Segmente löschen 3-37
Serielle Schnittstelle 3-72, 3-73
Shift spurs-Funktion 4-13
Signaldetektion 2-6
Signalpfad-Symbol 2-8
Smith-Diagramm-Marken 3-27
Softkey Auto-step 3-62

Index

Span-Taste 1-5
S-Parameter
  Erklärung 2-10
  messen 2-10
  Numerierungskonventionen 2-10
S-Parameter-Messungen, Beispiel für Kalibrierung 2-21
Speichermedium wählen 3-57
Speicherzuordnung, ändern 3-58
Split Display 1-8, 3-46
Spur avoidance-Funktion 4-8, 4-13
Standard deviation, Standardabweichung 3-18
Standardeinstellungen, Preset 1-5
Standard-Ein-Tor-Kalibrierung 5-20
Standard-Frequenzgangkalibrierung 5-16
Standard-Zwei-Tor- 5-16, 5-20
Start-Frequenz, zur Steigerung der Wobbelgeschwindigkeit erhöhen 4-4
Start-Taste 1-5
Statistical mean, Marken-Grenzwerttest 3-33
Statistik, Marken- 3-18
Statistik, Peak-to-peak 3-33
Stop-Taste 1-5
Suche, Marken- 3-7
Symbol
  FAIL-Anzeige 3-38, 3-51
  Meßfunktion-Symbol 2-8
Synchronisation eines externen Bildschirms 3-90
Sync-on-green-Funktion 3-90
Systematische Fehler 5-3
Systembandbreite 4-10
  ändern 4-12
  Funktionsprinzip 4-10
Systemimpedanz 2-13

T

Target search 3-10
Target Value 3-10
Tastaturanschluß 3-84
Tastaturen
  anschließen 3-84
  benutzen 3-84
Techniken zum Optimieren von Messungen 4-2
Testbild 3-90
Testen mit Grenzwertlinien 3-28
Title and Clock-Taste 3-50
Touchstone ASCII-Dateiformat 3-59
Track peak point 3-43
Tracking on OFF-Taste 3-7
Tracking-Funktion 3-7
  Frequenz 3-44
  Peak 3-43
Transmission
  Gleichung 2-41
  Interpolation von Kalibrierdaten 5-19
  Kalibrierung 5-15
Typen von Kalibriernormalen 5-28

U

Übersprechfehler 5-4
Uhrzeit 3-50
Umbenennen einer Datei 3-63
User BEGIN-Softkey 2-19
USER TTL IN/OUT-Anschluß auf der Rückwand 3-62

V

Verfügbare Kalibrierverfahren 5-10
Vergrößern
  Dynamikbereich 4-9
Verkleinern des Mittelungsfaktors 4-5
Verringern der Anzahl der Meßpunkte 4-5
Verringern des Eigenrauschens 4-10, 4-12
Verringern des Empfänger-Eigenrauschens 4-10
Verringern von Anpassungsfehlern 4-15
Verstärkung, wann erforderlich? 2-12
Vertauschen gepaarter Adapter, Kalibrierverfahren 2-26
Vertical back porch 3-90
Vertical front porch 3-90
Vertriebs- und Service-Zentren von Hewlett-Packard 5-38
Verzeichnis, erstellen oder ändern 3-66
Verzeichnisse ändern 3-67
Verzögerung
  elektrische
    Einfluß auf die Messung 4-21
VGA-Bildschirm 3-88
Vorsicht
  Empfängereingangspegel, max. zulässiger 4-9

Index

W

Welligkeit 3-20
Wide bandwidth 4-10
Wie
  benutzt man Delta-Marken? 3-24
  benutzt man Grenzwertlinien? 3-28
  benutzt man Polarformat-Marken? 3-27
  benutzt man Smith-Diagramm-Marken ? 3-27
  erstellt man ebene Grenzwertlinien? 3-29
  erstellt man Einzelpunkt-Grenzwerte? 3-32
  löscht man Grenzwert-liniensegmente? 3-37
Wobbelgeschwindigkeit
  Abschalten des nicht benötigten Kanals 4-6
  Alternierende Wobbelung abschalten 4-7
  Betriebsart Auto benutzen 4-4
  erhöhen 4-3
  Spur Avoidance-Funktion abschalten 4-8
  Start-Frequenz erhöhen 4-4
  Verkleinern des Mittelungsfaktors 4-5
  Verringern der Anzahl der Meßpunkte 4-5

X

X-Achsen-Beschriftung 3-51

Y

Y-Achsen-Beschriftung 3-51

Z

Zehn-Term-Fehlerkorrektur 5-5
Zeit 3-50
Zuordnung, Speicher- ändern 3-58
Zweikanalmessungen 1-8
Zweiten Kanal abschalten 4-6
Zwei-Tor-Kalibrierung. *Siehe* Kalibrierung, benutzerdefinierte Zwei-Tor-
Zwölf-Term-Fehlerkorrektur 5-5